



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Техника и технологии пищевых производств»

## **Учебное пособие**

«Монтаж, эксплуатация и ремонт технологи-  
ческого оборудования зерноперерабаты-  
вающих предприятий»  
по дисциплинам

**«Диагностика, ремонт, мон-  
таж, сервисное обслужива-  
ние оборудования» и «Тео-  
рия эксплуатации пищевых  
машин и агрегатов»**

Авторы  
Хозяев И.А.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

В книге изложены вопросы организации и проведения работ по монтажу, диагностике, эксплуатации и ремонту оборудования для очистки зерна и его дальнейшей переработки в муку, крупу и комбикорма.

Особенностью отрасли зернопереработки является общность операций и машин для перечисленных выше направлений переработки зерна. Поэтому примеры и частные технологии показаны в основном на оборудовании мельниц.

Уделено внимание монтажу и эксплуатации транспортных систем, связывающих между собой технологические потоки и оборудование.

Особенность данного учебного пособия заключается в том, что после каждого раздела приводится исторический материал о возникновении различных видов техники, об условиях ее монтажа и эксплуатации в давние времена. Такая идеология книги вызвана тем, что в учебных планах инженерных специальностей нет курсов по истории техники, а ее надо знать, чтобы понимать все величие и значимость работ инженеров прошлого. Кроме того, историческая информация повысит в какой-то степени и культурологический уровень студентов.

Учебное пособие предназначен прежде всего для студентов специальности 26.06.01 «Машины и аппараты пищевых производств», специальности 26.01.00 «Хранение и переработка зерна», бакалаврам

Название дисциплины

и магистрантам направления 151000 «Технологические машины и оборудование» профиль «Машины и аппараты пищевых производств», бакалаврам и магистрантам направления 26.01.00 «Продукты питания из растительного сырья» профилей «Хранение и переработка зерна» и «Пищевая инженерия малых предприятий», а также может быть в использовании инженернотехническими специалистами, работающими в области зернопереработки.

## Авторы

д.т.н., профессор кафедры  
«Техника и технологии  
пищевых производств»  
Хозяев И.А.

## Оглавление

<b>Предисловие .....</b>	<b>6</b>
<b>1. МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ .....</b>	<b>7</b>
1.1. Общие вопросы проведения монтажных работ .....	7
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.1 .....	32
1.2. Организация монтажных работ .....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.2 .....	79
1.3. Материально-техническая и хозяйственная подготовка монтажных работ .....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.3 .....	134
1.4. Такелажные работы .....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.4 .....	196
1.5. Основные работы в монтажной зоне .....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.5 .....	260
<b>Контрольные вопросы к главе 1 .....</b>	<b>279</b>
<b>2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....</b>	<b>280</b>
2.1. Общие вопросы эксплуатации .....	280
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.1 .....	296
2.2. Надежность машин .....	303
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.2 .....	344
2.3. Надежность технологических линий .....	355
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.3 .....	377
2.4. Диагностика состояния оборудования .....	393
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.4 .....	421
2.5. Организация технического обслуживания и ремонта машин .....	456
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.5 .....	472
<b>Контрольные вопросы к главе 2 .....</b>	<b>480</b>
<b>3. РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....</b>	<b>481</b>
3.1. Общие вопросы ремонтпригодности машин .....	481
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.1 .....	511
3.2. Технологический процесс ремонта оборудования ..	526
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.2 .....	591
3.3. Восстановительные технологии при ремонте .....	603
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.3 .....	649
3.4. Частные технологии эксплуатации и ремонта машин	

Название дисциплины

подготовительного отделения.....	700
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.4.....	738
3.5. Частные технологии эксплуатации и ремонта машин размольно-сепарирующего отделения .....	752
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.5.....	789
<b>Контрольные вопросы к главе 3 .....</b>	<b>814</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>815</b>
<b>СПИСОК    ИСПОЛЬЗОВАННЫХ    ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>818</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная отечественная мукомольнокрупная промышленность принадлежит к числу социально значимых отраслей агропромышленного комплекса. Вырабатываемые из муки хлеб, хлебобулочные, макаронные и крупяные изделия жизненно необходимы всем в любом возрасте. Именно поэтому основным критерием продовольственной безопасности страны является стабильное обеспечение среднедушевого потребления продуктов переработки зерна.

Российская мукомольная промышленность представлена 350 специализированными мукомольными предприятиями производственной мощностью 20,6 млн. т муки в год и 1100 мельницами малой мощности, обеспечивающими снабжение населения в сельской местности, с объемом переработки в среднем 2,4 млн. т зерна в год. Примерно половина специализированных мельниц имеет производительность до 200 т/сут. Около 30% мельниц перерабатывают 250-1000 т зерна в сутки.

Но существует серьезная проблема на наших предприятиях: 70% оборудования выработало свой ресурс, а возможность его замены мала из-за необходимости очень высоких капиталовложений. Поэтому правильная эксплуатация оборудования, продление сроков его работы являются очень важной задачей. Увеличение срока службы оборудования должно осуществляться прежде всего за счет повышения его надежности, правильной эксплуатации, своевременного и качественного ремонта. При этих мероприятиях всегда производится демонтаж и монтаж отремонтированного оборудования.

Если на предприятии устанавливается новое оборудование, то роль монтажа существенно возрастает. Как смонтируем машины, так они и будут работать.

Монтаж, наладка, эксплуатация, диагностика и ремонт на зерноперерабатывающих предприятиях осуществляются под руководством инженерно-технических работников. Они должны быть достаточно подготовлены, должны знать конструкции мельничного оборудования, сопроводительную, эксплуатационную документацию, методы монтажа, эксплуатации и ремонта машин данного класса.

В данном учебном пособии автором сделана попытка в сжатом виде осветить перечисленные выше вопросы, дать будущему инженеру базовые знания в области монтажа,

эксплуатации и ремонта мельничного оборудования, показать, как в дальнейшем расширять компетенции в данном направлении.

Автор выражает благодарность А.А. Рябову за помощь в подготовке рукописи этой книги.

## **1. МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ**

### **1.1. Общие вопросы проведения монтажных работ**

Монтажом называют процесс сборки и установки сооружений, конструкций, техно-логического оборудования, агрегатов, машин, приборов и их узлов из готовых деталей. Это неизбежный этап в создании любых производств. Он является довольно трудоёмким (20% от стоимости оборудования) и ответственным этапом и заслуживает внимания.

Монтажные работы в самостоятельную отрасль выделились сравнительно недавно. Но как элемент строительного дела монтаж появился на заре становления любой цивилизации, в том числе нашей цивилизации. Именно строительное дело олицетворяет способность человека создавать рукотворный мир – обязательное условие наличия цивилизационных признаков по определению понятия «цивилизация»: особой культурной общности людей в созданном ими рукотворном мире.

Развитие правил монтажных работ шло параллельно со строительными правилами, и только в более поздние сроки монтажные работы стали выполнять отдельно от строительных.

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 в три этапа:

этап подготовительных работ (сортировка и укрупнительная сборка оборудования, расстановка и подготовка монтажной оснастки, проверка и приемка строительных объектов под монтаж, разметочные работы;

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 (наладочные работы).

### **1.1.1. Способы и методы проведения монтажных работ**

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, контрольно-измерительных приборов, энергетического оборудования и подъемно-транспортного оборудования.

Существует три способа выполнения строительно-монтажных работ: подрядный, хозяйственный и смешанный.

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

Способ, предусматривающий выполнение строительно-монтажных работ только штатными сотрудниками предприятий зерноперерабатывающей промышленности без привлечения посторонних организаций, называют хозяйственным.

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

На современных новостроящихся предприятиях и реконструируемых действующих используют преимущественно подрядный способ (рис.1.1.1). Такой способ обеспечивает выполнение работ по заключенному договору в заданные сроки специалистами высокой квалификации. При подрядном способе в процессе строительно-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).



Название дисциплины



Рис.1.1.1.1. Схема взаимосвязи заказчика и подрядчиков при организации строительных, монтажных и специальных работ подрядным способом

При выполнении строительно-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 генподрядчику, который в свою очередь часть специальных монтажных работ передает по субподрядному договору субподрядчикам (рис.1.1.2).

Название дисциплины



Рис.1.1.2. 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; пожарнорозжевая 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.

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

## Название дисциплины

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.

При реконструкции действующих предприятий в настоящее время крупные агрегаты монтируют исключительно силами подрядных организаций, обслуживающих определенные районы или группы предприятий зерноперерабатывающей промышленности.

Для квалифицированного технического руководства монтажом сложного оборудования монтаж поручают головным заводам-поставщикам оборудования.

При реконструкции действующих предприятий отдельные несложные машины монтируют силами слесарей цехов. Обычно такие работы выполняют в период спада пиковых нагрузок предприятий.

Повышение производительности при монтаже оборудования базируется на технико-экономическом обосновании выбора метода монтажа с учетом конкретных условий производства.

В настоящее время технологическое, энергетическое и подъемно-транспортное оборудование монтируют передовыми методами в соответствии с проектом производства работ, разработанным монтажной организацией на основании общего проекта организации строительства, составляемого проектной организацией для каждого типового проекта. Передовые методы преду-

смаатривают индустриализацию и механизацию монтажных работ.

Индустриализация работ. На месте монтажа (на монтажной площадке) выполняют лишь работы по сборке и установке машин, механизмов и металлических конструкций, которые доставляют к месту монтажа в готовом виде, полностью укомплектованными. Например, тяжеловесное оборудование заблаговременно комплектуют вспомогательным, которое изготовляют специализированные организации и доставляют к месту монтажа в готовом виде. Индустриализация монтажных работ, т. е. выделение заготовительных работ из монтажного процесса и выполнение их на специализированных предприятиях, способствует ускорению, удешевлению и повышению качества монтажных работ.

Механизация работ. Повышение производительности труда на строительно-монтажных работах требует высокой степени механизации монтажных работ. В условиях монтажа на предприятии, насыщенном тяжеловесным оборудованием, при большой протяженности территории монтажные работы комплексно механизуют с помощью автомобильных, гусеничных кранов, авто- и электропогрузчиков, электрокаров, грузовых автомобилей, тракторов и тележек, а в ряде случаев и башенных кранов.

Все более широкое применение в механизированном монтаже находит специализированный монтажный инструмент и приспособления.

### **1.1.2. Структура монтажной организации**

Накопленный опыт позволяет рекомендовать следующий вариант структуры монтажной организации (рис.1.1.3).

Название дисциплины

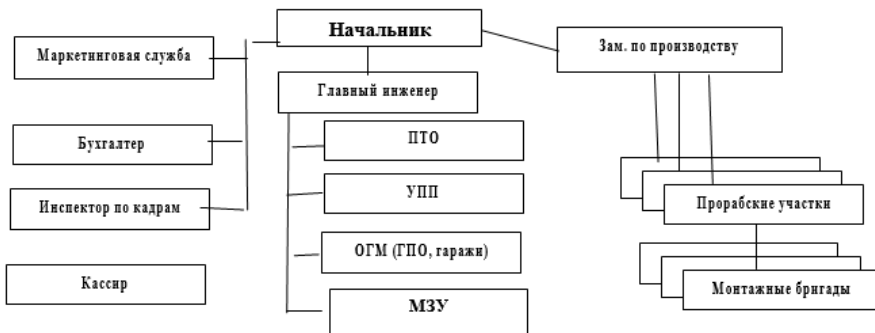


Рис.1.1.3 Укрупненная структура монтажной организации

Инженерная служба включает:

- производственно-технический отдел (ПТО);
- участок подготовки производства (УПП), включает конструкторскую группу, группу комплектации, сметную группу;
- монтажнозаготовительный участок (МЗУ);
- отдел главного механика (ОГМ) (грузоподъемное оборудование + ремонтная служба + гараж).

Взаимодействие между административными службами, инженерными, производственными внутри монтажной организации осуществляется следующим образом.

1. После того как служба маркетинга нашла заказчика, заключается договор. Через заказчика она организует получение проектносметной документации (ПСД).

2. Полученная ПСД согласуется с руководством, которое издает приказ о начале подготовительных работ. Главный инженер в развитии этого приказа ставит задачи инженерной службе. Другим службам (бухгалтерия, отдел кадров и т.д.) задачи определяет заместитель по производству.

3. Служба главного инженера, получив ПСД, организует в УПП его анализ и изучение по группам: проектносметная, комплектации, конструкторская. Все эти материалы включаются в план производственных работ (ППР). Группа комплектации, согласно ППР, готовит спецификации покупных изделий, ведомости изделий, имеющихся на складах и лимитнозаборные карты, перечень изделий, изготавливаемых своими силами, и передает эти ведомости в отдел снабжения (или в конструкторскую группу). Конструкторская группа разрабатывает чертежи недостающих изделий, приспособлений, разрабатывает технологию укрупненной сборки и передает все монтажнозаготовительному участку. Группа ПТО проводит анализ

## Название дисциплины

технологий монтажа, разрабатывает технологические карты, знакомится с объектом, производит расчет такелажных работ.

Результаты расчетов передаются в отдел главного механика, который обязуется обеспечить техническую готовность транспортного и грузоподъемного оборудования. Перечень недостающих материалов передается в отдел снабжения. Сюда же поступают приспособления, изготовленные МЗУ и предназначенные для выполнения монтажных работ.

В это же время сметная группа УПП оценивает стоимость отдельных работ, обсчитывает технологические карты, полученные в ПТО, определяет стоимость отдельных видов работ и направляет их в бухгалтерию, которая через руководителя (начальника) доводит до сведения прорабов план согласования: смета на монтаж согласуется с заказчиком (генподрядчиком) и издается приказ (сметы не исправляются).

4. После проведения подготовительных работ (пп.13) в соответствии с сетевым графиком работ документация передается на прорабские участки, которые приступают к монтажу по разработанным технологическим картам с помощью механизмов и ПТО.

5. Перед этим прорабские организации на участке ведут подготовку документации, по лимитнозаборным картам получают на складах материалы, инструменты, готовят кадры и др.

6. В процессе производства работ деятельность монтажников (прорабов) контролируется инженерами ПТО. Совместными силами ПТО и прорабов организуют приемку здания и сооружений под монтаж, выполняют намеченную технологию работ, вносят изменения и участвуют в работе комиссии по сдаче работ заказчику. Прораб несет личную ответственность за технику безопасности, за качество работ, расходование средств и материалов, сохранность оборудования. Инженеры ПТО отвечают за методику работ.

Кроме внутреннего функционирования монтажная организация должна осуществлять взаимосвязь с внешними организациями: заказчик, генподрядчик, проектировщик, заводы поставщики комплектующих изделий. Различают основной цикл маркетинга: заказчик – изучение потребностей и спроса на монтаж – планирование – подготовительные работы к монтажу – монтаж – заказчик. Кроме этого основного цикла отдел снабжения, участвующий в подготовительных работах, организует дополнительные внешние циклы маркетинга, где уже МО выполняет роль потребителя и заказчика изделий.

Внешние взаимодействия организует административная служба.

### **1.1.3. Нормативная документация, необходимая для производства монтажных работ**

Накопленный специалистами опыт проведения монтажных работ закреплён в нормативнотехнической документации (НТД), где оговорены все правила проведения монтажных работ, позволяющие качественно, с наименьшими затратами и безопасно провести монтаж оборудования. Незнание НТД приводит к конфликтам при сдаче и к финансовой, административной и уголовной ответственности.

В связи с тем, что исторически монтаж сопутствовал строительным работам, тесно с ними связан, поэтому он считается специальным видом строительных работ. Все правила специальных строительных работ также приводятся к нормативнотехнической документации.

Главным нормативным документом является СНиП – строительные нормы и правила. СНиП – собрание нормативной литературы, состоящее из 6 частей, каждая часть – несколько сот глав. Каждая глава издаётся отдельной книгой. Эта литература используется в обязательном порядке в комиссиях по приемке и сдаче работ.

Сведения о монтаже и наладке находятся в первойчетвертой части СНиПа, которые состоят их четырех основных частей, а именно:

1. Общие положения.
2. НТП – нормы технологического проектирования.
3. Производство различных работ.
4. Сметы.

Из них для монтажников представляет интерес:

СНиП 1.02.0185 «Инструкция о составе и порядке разработки и утверждения ПСД на строительство предприятий, зданий и сооружений». Описывает состав проекта и методику его разработки.

СНиП 29776 «Генеральные планы предприятий».

СНиП 3.01.0185 «Организация строительного производства. Положения о взаимоотношениях генподрядных и субподрядных организаций».

СНиП 301.0487 «Приемка зданий и сооружений в

## Название дисциплины

эксплуатацию».

СНиП 3.02.0185 «Основания фундамента».

СНиП 3.05.0385 «Тепловые сети. Правила производства и приемка работ».

СНиП 3.05.0486 «Наружные сети водоснабжения и канализации».

СНиП 305.0584 «ТО и технологические трубопроводы». Правила производства и приемка работ».

СНиП 3.05.0685 «Электротехнические устройства. Правила производства и приемка работ».

СНиП 3.05.0786 «Система автоматизации. Правила производства и приемка работ».

СНиП 1111875 «Металлические конструкции. Правила приемки и производства работ».

В СНиПах указаны только общие требования; для дальнейшей детализации Госстрой разрабатывает другие нормативные документы, а именно:

СН – строительные нормы (ВСН временные СН),

НТП нормы технологического проектирования,

РТМ – руководящие технические материалы,

МУ – методические указания,

ГОСТы.

Например,

ВСН 318 «Производство механомонтажных работ».

ВСН 387 «Инструкция по оценке качества монтажа».

СН 47175 «Инструкция по креплению ТО фундаментными болтами».

ВСН 36176 «Инструкция по установке ТО на фундамент».

СН 41180 «Инструкция по монтажу пневматических систем общепромышленного применения».

СН 41380 «Инструкция по монтажу подъемнотранспортного оборудования».

СН 36276 «Инструкция по изготовлению, монтажу и испытанию технологических трубопроводов (ТТ) давлением до 10 МПа.

ВСН 30171 «Инструкция по монтажу ТТ из стеклянных труб».

ВСН 44083 «Инструкция по монтажу ТТ из пластмассовых труб».

Все нормативные документы имеют сроки действия, которые устанавливает только Госстрой. Для ориентировки специалистов Госстрой издает книгу «Перечень действующих



## Название дисциплины

норм и правил с января текущего года». Новые НТД и перечни рассылаются Госстроем организациям и ведомствам на абонентской основе.

Техническая документация на строительномонтажные работы включает в себя проектнотехническую, монтажнотехнологическую и сметную документации.

Проектнотехническая 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 и теплотехнической частей, содержащего планы и разрезы цехов и отделений, схемы продуктопроводов, паро и конденсатопроводов, аммиачных или фреоновых трубопроводов, 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 детализованных чертежей на изготовление металлоконструкций и элементов, блоков и секций трубопроводов; перечней примененных стандартов, нормалей и чертежей типовых конструкций, сборочных единиц и деталей; технической документации заводовизготовителей технологического оборудования.

Монтажнотехнологическая 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, входящие 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 новых предприятий зерноперерабатывающей 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

## Название дисциплины

строительстве 3033%), на выполнение строительно-монтажных работ (удельный вес в промышленном строительстве 6065%) и прочих капитальных вложений (удельный вес в промышленном строительстве 67%).

Монтаж технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций включают в строительно-монтажные работы. Он составляет 717% от общей суммы капитальных вложений.

Выполнение строительно-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).

Проектно-сметная документация (ПСД) передается вначале заказчику (тот, кто финансирует) проектной организации в сроки, предусмотренные договором на выполнение проектно-исследовательских работ. Рабочие чертежи зданий и сооружений, ведомости объемов монтажных работ, ведомости и сводные ведомости потребности в материалах передаются заказчику в трех экземплярах, а объектные и локальные сметы, сборники спецификаций оборудования, чертежи металлических конструкций (КМ) и технологических трубопроводов (ТТ), — в четырех экземплярах.

Заказчик передаёт проектную документацию монтажной организации в сроки, предусмотренные договором на монтажные работы.

Кроме того ПСД выдается на отдельные виды монтажных работ, выполняемых субподрядными организациями из расчета, чтобы каждая из этих организаций имела по два экземпляра чертежей по видам выполняемых ею работ, а также по одному экземпляру объектных и локальных смет.

Монтажная организация принимает от генподрядчика (заказчика) ПСД с отметками заказчика и генподрядчика о разрешении по ней производства работ в составе:

- рабочие чертежи в трех экземплярах;
- объектные и локальные сметы в одном экземпляре;
- рабочие чертежи стальных конструкций КМ и ТТ.

Наряду с рабочими чертежами, по которым монтажная организация будет выполнять работы (технологический раздел проекта и др.), необходимо получить во временное пользование чертежи АР (архитектурные решения), КЖ (конструкции

## Название дисциплины

железобетонные), сантехнического и электротехнического разделов проекта для сравнения их с паспортами на оборудование с тем, чтобы исключить ошибки при проектировании фундаментов, трубопроводов, сантехнических и электротехнических систем.

Техническую документацию на технологическое оборудование подрядчик получает от заказчика на период проведения монтажных работ в целях изучения изделия, его устройства и работы, а также ознакомления с техническими требованиями к монтажу и опробованию при производстве монтажных работ.

Документация передается в соответствии с п.41 «Правил о договорах подряда» не позднее чем за 2 месяца до начала работ. Техническая документация включает паспорт, руководство по эксплуатации (РЭ), инструкцию по монтажу (ИМ), регулированию и обкатке, габаритный (монтажный) и сборочный чертежи, комплектовочную ведомость и упаковочные листы, технические условия на изготовление, комплектование и поставку.

Субподрядчик после получения ПСД обязан проверить ее комплектность, содержание и правильность разработки.

При проверке руководствуются требованиями инструкции о порядке рассмотрения, согласования и приемки проектной и сметной документации подрядными строительномонтажными организациями.

Проектно-сметная документация должна соответствовать требованиям следующих документов:

СНиП 102.0185 «Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений»;

СНиП 4184 «Система сметных нормативных документов и ценообразования в строительстве»;

Инструкции на проект изготовления стальных конструкций;

Отраслевым (ведомственным) нормам технологического проектирования отдельных производств, согласованным с Госстроем РФ;

Руководящим техническим материалам (РТМ) «Монтажнотехнологические требования к проектированию промышленных предприятий».

Проверке подлежат в первую очередь такие показатели: комплектность документации согласно ведомости чертежей;

наличие штампов заказчика и генподрядчика и подписей

## Название дисциплины

ответственных представителей, разрешающих производство работ;

наличие технологических схем процессов производства;

грузоподъемность указанных механизмов для монтажа и ремонта;

наличие монтажных проемов в стенах и перекрытиях зданий;

наличие подводок к каждой единице оборудования электроэнергии, воды, газа, пара, канализации и др.;

наличие смет на выполнение всех видов работ по монтажу;

компоновку технологического оборудования,

обеспечивающую применение грузоподъемных механизмов (ГПМ);

правильность проектных решений мест пересечения трубопроводов с кабельными линиями, системами канализации, вентиляции и др.;

правильность применения нормативных документов,

наличие и правильность ссылок на них;

наличие и полнота документации на изготовление нестандартизированного оборудования и конструкций;

максимальное применение стандартных и типовых конструкций;

возможность сокращения номенклатуры примененных в проекте металлопроката труб и пр.;

соответствие принятого технологического оборудования действующим каталогам;

полнота заполнения спецификаций;

наличие привязочных размеров, определяющих положение оборудования в трех измерениях, и трубопроводов в пространстве;

наличие указаний по производству сварочных работ и испытанию трубопроводов.

Наиболее часто встречающиеся грубые ошибки в составлении НТД:

- размещение в зданиях ТО, работающего на открытом воздухе,

- отсутствие агрегатирования блоков,
- отсутствие чертежей сложных ТТ,
- отсутствие уклонов трубопроводов,
- отсутствие проемов и временных перекрытий,
- отсутствие закладных деталей.

Учет всех недостатков ПСД и составление рекламаций

## Название дисциплины

ведется на участке подготовки производства.

Проверка документации на техническое оборудование (ТО). В документации на ТО отражаются монтажотехнологические требования к изделию в виде указаний по его конструктивному исполнению, сборке, заводской готовности, комплектности, транспортабельности, монтажной технологичности исходя из современных методов монтажа.

В документации на ТО, подлежащее монтажу, должны быть учтены требования ГОСТ 2444487 «Оборудование технологическое. Общие монтажотехнологические требования». Согласно им в документации на ТО указывают способы транспортирования негабаритного и нетранспортабельного тяжеловесного оборудования, а также способы деления нетранспортабельного в сборе оборудования. Указания содержат графическую спецификацию по расчленению изделия на поставочные блоки и сборочный чертеж, а также обозначение транспортируемой части; обозначение мест строповки и массу части; обозначение центра тяжести, базовых поверхностей для выверки частей и сборочных рисок.

Проверка смет. При оценке сметной документации проверяют в первую очередь соответствие физических объемов работ в смете спецификациям в рабочих чертежах и наличие смет на все монтажные работы:

сборку и установку технологического, энергетического, подъемнотранспортного и другого оборудования;

укрупнительную сборку отдельных аппаратов, машин и механизмов, поставляемых в не полностью собранном виде;

монтаж технологических линий, прокладку технологических трубопроводов со сборкой из узлов, монтажных заготовок или отдельных труб и деталей;

сборку металлических конструкций;

монтаж металлических конструкций;

сборку и установку обслуживающих лестниц, площадок и переходов;

установку специальных фланцев, бобышек, врезок и штуцеров для средств контроля и автоматизации технологических процессов;

монтаж этих средств с прокладкой линий коммуникаций;

опробование смонтированного оборудования на холостом ходу и испытание трубопроводов.

Рассмотрение и согласование ПСД с выдачей мотивированных замечаний генподрядчику (заказчику) в

соответствии со СНИП 1.02.0185 должно быть проведено в течение 45 дней.

Замечания по проектносметной документации направляют в адрес генподрядчика (заказчика) для представления их заказчиком в проектную организацию.

#### **1.1.4. Проверка оборудования на монтажепригодность**

Полнота и качество проектносметной документации ещё не означает возможность качественного исполнения монтажных работ данной монтажной организацией. Работы могут требовать специальной технологии и оборудования. Поэтому в монтажной организации по полученной ПСД должны сделать вывод о монтажепригодности оборудования, возможности качественно выполнить заказ.

Под монтажепригодностью оборудования понимают свойство изделия, заключающееся в приспособленности его к монтажу в определенных организационнотехнических условиях выполнения работ с минимальными затратами труда и средств, характеризующееся максимальной доступностью, простотой и удобством.

Вначале определяется монтажепригодность в принципе как соответствие требованиям стандартов на неё, а затем определяются количественные показатели монтажепригодности.

Требования к конструкции с точки зрения монтажепригодности. Общие требования к проектированию по оптимизации затрат при монтаже и наладке содержатся в ГОСТ 24.44480. Им должны руководствоваться конструкторы технического оборудования, студенты в курсовых и дипломных проектах.

ГОСТ 24.44480 включает требования:

- к конструкции ТО,
- к изготовлению,
- к испытанию,
- к комплектности,
- к маркировке,
- к упаковке,
- к транспортированию,
- к хранению.

Требования к конструктивному исполнению оборудования – это требования к его размерам и делению негабаритного оборудования на транспортируемые части, а также к конструкции

## Название дисциплины

машин. Размеры проектируемого оборудования в России не должны превышать габаритов грузов, утвержденных МПС РФ, при их погрузке, креплении и транспортировке.

В стандарте приведены указания по делению нетранспортабельного в сборе оборудования на части.

Требования к конструкции оборудования предполагают монтаж без металлических подкладок в бетонной смеси или на заранее точно выверенные опорные поверхности без закладки бетона. В опорных частях оборудования массой до 50 т предусматриваются отверстия с резьбой для регулируемых (отжимных) винтов. Места установки уровня (наповерочной линейки) при выверке оборудования указывают на чертеже общего вида и сборочном. Эти требования выполняются, как правило, в опорных частях оборудования массой до 10 т.

В конструкции оборудования и каждой транспортируемой части предусматриваются и указываются места строповки и крепления при транспортировании и такелаже оборудования, а в вертикальных сосудах и аппаратах – монтажные штуцера и бестросовые захваты, или специальные цапфы для строповки.

Сборочные единицы оборудования, взаимное положение которых определяется соосностью и горизонтальностью, должны иметь общую фундаментную раму (плиту), а отдельные транспортируемые сборочные единицы – штифты, болты, пазы для их взаимной фиксации при сборке на монтажной площадке.

Требования к изготовлению оборудования предусматривают нанесение монтажных рисок, обеспечивающих ориентацию его главных осей и контроль их положения в плане относительно осей фундамента; установление контрольных штифтов и шпилек, исключающих разметочные и подгоночные работы при монтаже. Сборочные единицы, установленные на общих фундаментных рамах (плитах), после центрирования и испытания закрепляют на заводеизготовителе во избежание повторного центрирования при монтаже, а роторы и другие вращающиеся части оборудования балансируют.

В разъемных соединениях оборудования на предприятииизготовителе должны установить прокладки и уплотнения, исключающие их замену при монтаже; входящие в состав оборудования трубопроводы испытывают на прочность и герметичность, очищают от наружной и внутренней окалины и ржавчины, защищают от внутреннего загрязнения (сварные стыки проверены), а трубные узлы маркируют. Количество стыков, свариваемых при монтаже, на трубных узлах должно быть

## Название дисциплины

минимальным.

Трубопроводная арматура подлежит ревизии на заводеизготовителе, комплектации фланцами, прокладками и метизами.

Требования к сборке, обкатке и испытанию оборудования заключаются в проведении контрольной сборки оборудования, транспортируемого частями, и обкатке на заводеизготовителе, обеспечивающих монтаж без дополнительной подгонки, обкатки и испытаний отдельных частей.

Оборудование в собранном виде и сборочные транспортируемые единицы при монтаже и подготовке к эксплуатации ревизии и расконсервации не подлежат.

В комплект оборудования должны входить: фундаментные болты с закладными деталями; регулировочные (отжимные) винты с контргайками и опорными пластинами; фланцы в комплекте с рабочими прокладками, метизами и накидные гайки с ниппелями для резьбовых соединений штуцеров; уплотнительные прокладки для монтажных разъемов; трубопроводы, не присоединенные к оборудованию, с арматурой, прокладками, метизами, опорами и подвесками; контрольные пластины и трубы для контрольной сварки и необходимых испытаний аппаратов и сосудов, изготавливаемых на монтажной площадке, а также при монтаже трубопроводов, входящих в состав оборудования; сварочные материалы (электроды, сварочная проволока и флюсы), необходимые для сварки частей оборудования; специальные съемные грузозахватные приспособления (траверсы, хомуты), а также специальные инструменты и приспособления, необходимые при монтаже, испытании и эксплуатации оборудования.

К оборудованию, отгружаемому заводомизготовителем, прилагается сопроводительная документация: формуляр или паспорт с действительными значениями измеренных величин и сведениями по контрольной сборке; комплектовочные и упаковочные ведомости; сборочные чертежи оборудования и его основных сборочных единиц; монтажный чертеж (кроме аппаратов, на которые такие чертежи не разрабатываются); схемы смазки, охлаждения, автоматики, управления; рабочие чертежи, паспорта, сертификаты на материалы и детали для их изготовления, необходимые при оформлении документации для сдачи трубопроводов в эксплуатацию. Эксплуатационная документация, включающая паспорт, схемы строповки, инструкции по монтажу оборудования, требования к



## Название дисциплины

расконсервации, подготовке и проведению индивидуальных испытаний; ТУ на оборудование индивидуального изготовления.

Требования к маркировке, упаковке и транспортированию заключаются в обязательном нанесении монтажной маркировки транспортируемых сборочных частей оборудования яркой несмываемой краской, упаковке изделий, относящихся к одной сборочной единице, применении безразборной консервации, установлении заглушек на все отверстия и штуцера (арматуру) оборудования.

Требования к сборке и испытанию предусматривают сборку, обкатку и испытание составных частей оборудования на предприятииизготовителе в соответствии с требованиями технической документации, согласованной с Минмонтажспецстроем РФ. Оборудование отправляется потребителю после приемосдаточных испытаний с полным комплектом электрооборудования, защитных ограждений и приборов контроля и автоматики.

Требования по консервации и защитным покрытиям предусматривают применение технологии, исключающей разборку для расконсервации при монтаже, применение органических растворителей и обтирочных материалов. Сборочные единицы оборудования, зубчатые и цепные передачи, редукторы, подшипники, пары трения, требующие обязательной смазки при эксплуатации, должны быть законсервированы рабочими смазками, не требующими их замены при вводе в эксплуатацию.

Требования к маркировке и упаковке оборудования предусматривают нанесение на одном из ящиков надписи «Документация здесь», дополнительную маркировку запасных и сменных зубьев и модуля на зубчатых колесах, заходов и модуля на червяках, зубьев и шага на звездочках, расчетного диаметра на шкивах. На каждом транспортируемом месте в упаковке или без нее указывают массу брутто, центр массы и место строповки, а также число допустимых ярусов штабелирования при хранении.

При отступлении от ГОСТ получатель оборудования или монтажная организация вправе своевременно направить рекламацию заводуизготовителю и потребовать устранить допущенные отступления.

Количественные показатели монтажепригодности. Они позволяют сравнивать монтажепригодность разных заказов при принятии решения.

Для общей оценки монтажепригодности оборудования

## Название дисциплины

применяют такой показатель, как коэффициент

$$\text{коэффициент монтажепригодности } K_M = \frac{Q_0}{(Q_0 + Q_i)}$$

где  $Q_0$  – оптовая цена оборудования (сведения заказчика);  
 $Q_M$  – стоимость монтажа оборудования (расчёт).

Стоимость монтажа оборудования рассчитывается по формуле

$$Q_M = K_M \cdot \left( K_1 K_2 \sum_{i=1}^n t_i \cdot Y_i \cdot \lambda_i + q_1 + q_2 \right)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий плановые накопления ( $K_1 = 1,08$ );  $K_2$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы ( $K_2 = 1,80$ );  $t_i$  – трудоемкость выполнения  $i$ -й технологической операции монтажа оборудования, чел.-ч;  $Y_i$  – разрядные коэффициенты соответствующих видов работ;  $\lambda_i$  – тарифная ставка рабочего, занятого выполнением  $i$ -й операции монтажа, руб./чел.-ч;  $n$  – число видов технологических операций при монтаже оборудования;  $q_1$  – стоимость материалов, применяемых при монтаже изделий, руб.;  $q_2$  – стоимость использования средств механизации при монтаже, руб.

Среднее значение для отрасли  $K_M = 0,78$ .

Стоимостные критерии в условиях рынка наиболее распространены, но имеют недостаток: не учитывают технологичность монтажа и его трудоёмкость. Поэтому применяется показатель технологичности конструкции оборудования при монтаже

$$K_T = \frac{T_o}{T_o + T_{всп}}$$

Его рассчитывают как отношение трудовых затрат на выполнение основных операций  $T_o$  к общим трудовым затратам на монтаж, включая затраты труда на вспомогательные работы  $T_{всп}$ . Этот показатель должен стремиться к 1. Недостаток – не учитывает характера вспомогательных работ.

Поэтому применяется коэффициент сборности

$$K_{сб} = \frac{T_{сб.зав.}}{T_{сб.зав.} + T_{сб.монт.}}$$

он определяется отношением трудовых затрат на сборку изделия на предприятии-изготовителе  $T_{сб.зав}$  к общим трудовым затратам на сборку  $T_{сб.зав} + T_{сб.монт.}$  на заводе и монтаже. Этот показатель должен тоже стремиться к 1. Недостаток – не учитывает характера сборочных работ. Они могут быть самыми неудобными – требовать пригоночно-доделочных работ, т.е. изделие

плохо собирается.

Поэтому применяют коэффициент собираемости

$$K_{\text{соб}} = \frac{T_{\text{сб.монт.}} - T_{\text{приг.}}}{T_{\text{сб.монт.}}}$$

где  $T_{\text{приг}}$  – трудоемкость пригоночно-доделочных работ.

У хорошо сконструированного технологического оборудования этот коэффициент стремится к 1.

Имея все эти показатели, руководство монтажной организации может принять более обоснованное решение о степени выгодности заказов, соразмерить желания с возможностями.

Отметим, что все эти коэффициенты зависят от качества проектирования и требуют обязательного соответствия ГОСТу.

### 1.1.5. Графики проведения монтажных работ

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

Недельно-суточные графики необходимы комплексным бригадам для оперативного планирования и контроля за выполнением работ. В отдельных случаях в графике указывают основные и вспомогательные операции, например доставка оборудования, материалов, и за каждой операцией закрепляют ответственного исполнителя.

При планировании монтажных работ на действующем предприятии рекомендуется составлять месячные и недельно-суточные календарные графики, которые удобны при сравнитель-

## Название дисциплины

но небольшом объеме 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 значительного ускорения сроков строительства.

Продолжительность монтажа технологического оборудования предприятий зерноперерабатывающей промышленности (в том числе технологических трубопроводов и металлоконструкций) определяется санитарными нормами и правилами (СНиП) – раздел «Нормы продолжительности строительства предприятий, пусковых комплексов, цехов, производств, установок, зданий и сооружений». 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 производства монтажных работ должна быть полной и соответствовать требованиям СНиП: комплектацию объектов или их частей оборудованием, металлоконструкциями, трубами, узлами трубопроводов, арматурой и другими основными материалами следует в основном завершать до начала монтажных работ в соответствии с графиками поставки, согласованными с монтажными организациями. Производство монтажных работ должно быть организовано с максимальной загрузкой машин и механизмов, с использованием их в необходимых случаях в 1,5-2 смены.

Сетевые графики представляют графическую модель производственного процесса, на которой отображают технологическую последовательность выполнения всех строительных, монтажных и специальных работ. Элементами сетевого графика являются понятия работа и событие.

## Название дисциплины

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 событие представляется кружком. Начальным событием называется то, при котором не имеются предшествующие работы, 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 начальному событию 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 (рис.1.1.4). 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: зависимое и дополнительное событие.

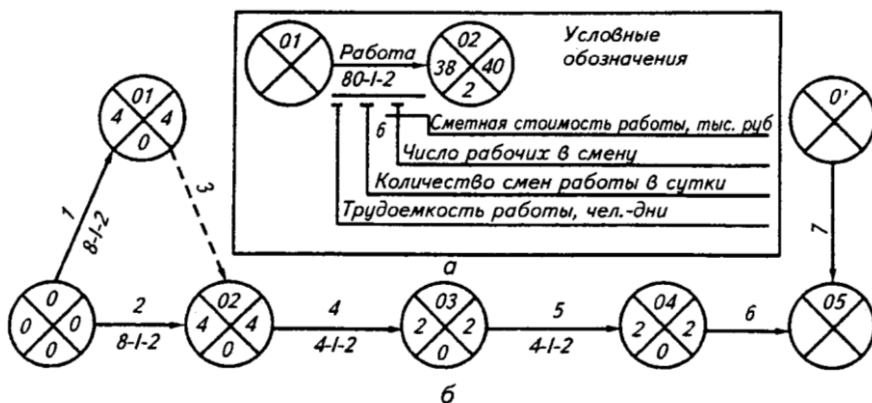


Рис.1.1.4. Сетевой график проведения монтажных работ: а – пример условных обозначений на сетевых графиках: 01 и 02 – начальное и конечное событие; 38 и 40 – минимальный и максимальный сроки свершения события 02; 2 – резерв времени; б – фрагмент сетевого графика монтажа компрессора

Зависимое событие – 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,

## Название дисциплины

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.

«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 (см. рис.1.1.4) 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 (например, 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 (например, 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 показан на рис.1.1.4, б. На данном фрагменте графика критический путь проходит через события: 0 – 02 – 03 – 04 – 05.

К каждому сетевому графику составляют приложение, форма которого приведена в табл.1.1.1; расшифровка дана применительно к рис.1.1.4, б.

Таблица 1.1.1

Трудозатраты на фундаментные работы

Событие	Номер (шифр) работы	Наименование работы	Трудоемкость (объем) работ, чел-ч	Число смен работы в сутки	Число работающих 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.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.1

### ВЕЛИКИЕ СООРУЖЕНИЯ ДРЕВНОСТИ И НАШИХ ДНЕЙ

Прошлое, настоящее, будущее... Для нас из этих трех понятий реально настоящее, более или менее известно прошлое, а вот будущее мы можем только предсказывать. Но прошлое, настоящее и будущее тесно связаны между собой причинно-следственными событиями и явлениями, эти понятия последовательно сменяют друг друга, и каждое последующее из них немыслимо без предыдущего. А следовательно, чтобы хорошо понимать наше настоящее, нужно изучать прошлое, изучать настойчиво и скрупулезно... Известны семь «чудес света», построенных задолго до нашей эры: пирамиды Египта, Александрийский маяк, Висячие сады Вавилона, Храм Артемиды, статуя Зевса, Колизей, Колосс Родосский.





Рис П1.1.1. Общий вид пирамиды

Египетские пирамиды. Египетских пирамид много, они строились в течение нескольких тысячелетий. Наиболее известной является пирамида Хеопса. Она в древности достигала 146 м высоты, в настоящее время верхняя часть пирамиды Хеопса разрушена и ее высота составляет 137 метров. На строительство пирамиды Хеопса ушло 2,3 миллиона каменных блоков средним весом 2,5 тонны каждый. Во времена Хеопса грани пирамиды были облицованы отполированными плитами из мелкозернистого песчаника. Согласно подсчетам английских ученых, на строительство всех христианских церквей в Англии ушло меньше материала, чем на одну пирамиду Хеопса. Вход в пирамиду Хеопса первоначально находился с северной стороны, на уровне 13-го ряда гранитных плит. Сейчас этот вход в пирамиду Хеопса закрыт. Попасть внутрь пирамиды можно по лазу, оставленному древними грабителями. Узкий коридор ведет сначала почти горизонтально поверхности внутри пирамиды, затем постепенно поднимается все выше и выше. По нему попадаешь в камеру супруги фараона, которая находится в середине пирамиды, приблизительно в 120 метрах от ее вершины. Вернувшись немного назад и поднявшись по узкой деревянной лестнице в гранитную галерею, уходящую под углом 30 градусов, оказываешься в погребальной камере, где и находится саркофаг Хеопса.

В начале XX века английский инженер Давидсон произвел

## Название дисциплины

измерения размеров египетской пирамиды Хеопса, которые оказались поразительными. Диагональ пирамиды дает абсолютно точное ее направление по меридиану, причем точность этого направления на теоретический северный полюс достигает 4 минуты 30 секунд: это точнее, чем дает Парижская обсерватория. Кроме того, этот меридиан, проходящий через пирамиду, делит на две равные части поверхность моря и суши, считая Америку и Тихий океан. Более того: широта, проходящая через центр пирамиды Хеопса, делит также на две равные части весь земной шар, по количеству суши и воды. Таким образом, за 2500 лет до Р.Х. египтяне знали точное соотношение поверхности всех материков и не случайно выбрали устье Нила для постройки пирамид. При измерении самой пирамиды Хеопса оказалось, что ее периметр, разделенный на двойную высоту, дает точное число «Пи» с точностью до одной стотысячной. Интересно, что священная мера длины Древнего Египта, т.е. пирамидальный дюйм (по странному совпадению равный современному английскому) есть одна миллиардная часть орбиты Земли, пройденной ею в 24 часа. Другая линейная мера пирамиды – локоть, равная 25 дюймам, или 635,66 миллиметра – это одна десятиmillionная часть полярного радиуса Земли. Сумма двух диагоналей египетской пирамиды, выраженная в дюймах, дает число лет, в течение которых северный полюс нашей земли совершает один полный оборот. Объем пирамиды, помноженный на удельный вес камня, из которого она сделана, дает теоретический вес земного шара. Та же мера обнаруживается еще раз в покоех фараона при измерениях «саркофага». Мы находим его объем в соотношении с объемом земного шара. Этот объем, так сказать, эталон веса, совпадает в точности с весом одного английского фунта (453,59г). Архаические единицы мер англичан в точности соответствуют «священным» единицам Древнего Египта!

Интересен еще один факт. Все пирамиды Египта своими вершинами направлены на двойную звезду Десса созвездия Лебедя.

Название дисциплины



Рис.П1.1.2. Звездная карта участка небосвода с созвездиями Лебеда, Леры, Дракона и Геркулеса. Двойная звезда Десса расположена на оконечности перекладины креста. Пунктирной окружностью обозначена траектория движения полюса мира в результате прецессии (дрейфа) оси вращения Земли. Pε – полюс эклиптики, Pσ – северный полюс нашей Галактики

Найти его на ночном небе очень просто. Своими очертаниями созвездие Лебеда напоминает летящую с распростертыми крыльями и длинной шеей красивую и гордую птицу. Она «летит» по Млечному Пути. Именно в виде летящего лебеда изображали это созвездие на старинных звездных атласах. Созвездие очень похоже также на вытянутый христианский крест, который во время суточного вращения Земли перемещается по кругу вокруг полюса мира – Полярной звезды, как бы совершая на небе «крестный ход» (рис. П1.1.2).

Здесь же находится и Млечный путь и участок неба с созвездием Дракона, вокруг которого обращается полюс мира, совершая за 25920 лет полный круг в результате прецессии (дрейфа) оси вращения Земли, а «херувим» – это соседнее с Лебедем созвездие Геркулеса. Именно в эту сторону Галактики и направлен полет нашей Солнечной системы, а вместе с ней и Земли. И скорость сближения, измеренная относительно соседних звезд, очень велика: 20 км в секунду! Торопится наша Земля, чтобы поскорее войти в сферу влияния цивилизации Лебеда, где обитают

## Название дисциплины

наши звездные братья!

У звезды Десса имеется много планет. Одна из них называется Ария. Племена наших прародителей назывались ариями.

Удивительное совпадение, наводящее на серьезные размышления о происхождении человечества!

Оценка знаний древних египтян показала, что они были получены как бы сразу, скачком. Не было эволюционного развития. Это наводит на мысль о получении знаний от других более древних цивилизаций, и, прежде всего, из Атлантиды.

Первый человек, описавший историю Атлантиды, был Платон (427-347 г. до н.э.) (рис.П1.1.3). В диалогах «Тимен и Критий» он говорит об одном из семи мудрецов Древней Греции – Солоне, который в ходе своего путешествия в Египет записал рассказ древнеегипетских жрецов храма богини Нейт в Соисе о древней земле, находящейся в Атлантическом океане. Тот же Солон читал эти записи на колоннах этого храма и отметил, что им (записям) несколько тысяч лет.

В греческих хрониках также имеются указания на некоего Крантора, который в 260 г до н.э. видел эти колонны с записями об истории Атлантиды, но в силу слабого знания древнеегипетского языка недостаточно в них разобрался. Современные историки Греции считают, что речь идет о философе Канторе из г. Солы.

Атлантида была названа в честь Атланта, брата одного из титанов греческой мифологии – Прометея. По версии Платона, атланты были высоки ростом (2-2,5 м), обладали огромной физической и психической силой. Они одевались в цвета моря, чтобы подтвердить свое происхождение от бога морей – Посейдона



Рис.П1.1.3. Платон (427-347 гг. до н.э.).  
Фрагмент фрески Рафаэля  
«Афинская школа»



Рис.П1.1.4. «Столица Атлантиды»,  
художник Ли Кристек

## Название дисциплины

По описанию Платона, центральная равнина острова простиралась в длину на 3 тысячи стадиев (540 км), в ширину – на 2 тысячи стадиев (360 км), центром острова являлся холм, расположенный в 50 стадиях (8-9 километрах) от моря. Город был обнесен тремя водными и двумя сухопутными кольцами; атланты же перекинули через эти кольца мосты и прорыли каналы, так что корабли могли по ним подплывать к самому городу, или, точнее, к центральному острову, имевшему 5 стадиев (несколько менее километра) в диаметре. На острове возвышались храмы, выложенные серебром и золотом и окружённые золотыми статуями, роскошный царский дворец, а также были заполненные кораблями верфи и т.д., и т. п. «Остров, на котором стоял дворец, а также земляные кольца и мост шириной в плетр (30 м) цари обвели круговыми каменными стенами и на мостах у проходов к морю всюду поставили башни и ворота. Камень белого, чёрного и красного цвета они добывали в недрах срединного острова и в недрах внешнего и внутреннего земляных колец, а в каменоломнях, где с двух сторон оставались углубления, перекрытые сверху тем же камнем, они устраивали стоянки для кораблей. Если некоторые свои постройки они делали простыми, то в других они забавы ради искусно сочетали камни разного цвета, сообщая им естественную прелесть; также и стены вокруг наружного земляного кольца они по всей окружности покрыли медью, нанося металл в расплавленном виде, а стену внутреннего вала покрыли литъём из олова, стену же самого акрополя — орихалком, испускавшим огнистое блистание» (орихалок – неизвестный нам сплав), рис. П1.1.4. По описаниям Платона и Крантора, Атлантида находилась к западу от Геркулесовых столбов (современного Гибралтарского пролива.) Известно также, что имя одного из последних царей Атлантиды было Гадир. Оно дошло до нашего времени в названии Гадирской области в Португалии. Эта информация даёт основание исследователям утверждать, что остров Атлантида находился к западу от Пиренейского полуострова в океане в районе Канарских и Азорских островов, являющихся ее остатками.



Рис.П1.1.5. «Гибель Атлантиды»,  
художник Ли Кристек

Атлантида погибла 11 тысяч лет назад в результате взрыва вулкана, находившегося под островом (рис.П1.1.5). За одни сутки она погрузилась под воду, однако жрецы и знать успели на кораблях уплыть в Египет и передать жрецам последнего свои знания.

По сообщениям Платона, когда Атлантида исчезла в бездне моря, то корабли перестали плавать в этом районе из-за огромного количества грязи, которую оставил после себя исчезнувший остров. Платон, Геродот, а затем Плутарх писали, что Атлантику в определенном месте трудно переплыть, ибо она полна жидкой грязи: "Океан вязок, словно болотная топь". Такой странный факт, как уже отмечалось выше, можно расценить как следствие

## Название дисциплины

катаклизма, взметнувшего ввысь миллиарды тонн вулканической породы. По словам историка и писателя А. Горбовского, океанографическая экспедиция 1947-1948 годов подтвердила сообщения античных ученых! Дно океана между Азорскими островами и островом Тринидад оказалось покрытым почти тридцатиметровым слоем вязкого ила.

По современным научным представлениям, два фактора могли спровоцировать взрыв вулкана: падение огромного метеорита и очень близкое прохождение Луны.

Согласно точке зрения астронома М.Виссинга, около 11000 лет назад планетоид (астероид) из роя Адониса столкнулся с Землей. Столкновение произошло в районе нынешнего Бермудского треугольника, причем астероид разделился на две примерно равные части и оставил двойной след на дне океана. На высоте 400 километров астероид вызвал свечение газов в атмосфере. Ослепительное сияние, затмившее Солнце, сопровождало его до самого падения в океан. Новое солнце было видно всем, кто находился на линии прямой видимости, то есть в радиусе тысяч километров. Исследователи предполагают, что масса астероида превышала 2 биллиона тонн и, следовательно, земная кора была пробита этой космической бомбой (энергия, выделившаяся при столкновении, превышала энергию взрыва 30 атомных бомб), поскольку ее толщина в океане составляет примерно 8 км. По законам гидравлики от привнесенной энергии магма выплеснулась и уничтожила Атлантиду. (На Земле существует несколько опасных вулканических зон, могущих повторить судьбу Атлантиды. Одна из них расположена на Кавказе в районе Минеральных вод. Города Кисловодск и Железноводск окружены кольцевыми горами. Сверху видно, что они находятся в кольцевом кратере вулкана диаметром около 60 км. Вулкан затих, но живет, поскольку все источники минеральной воды горячие. При каких-то условиях вулкан может начать действовать и можно получить Кавказскую Атлантиду.

Шведский ученый Х.Альфвен выдвинул гипотезу, согласно которой наш нынешний спутник – Луна не сразу оказалась на своей орбите, а представляла собой некогда планетоид. Был момент, когда Земля и Луна настолько сблизилась, что лунная гравитация вызвала чудовищный подъем океанских вод, вспучивание земной коры и "прилив" раскаленной магмы внутри нашей планеты, что привело к взрыву вулкана в центре Атлантиды. Лишь потом Луна отдалилась от Земли, но продолжать свой самостоятельный путь в космосе не смогла. Ученые Калифорнийского уни-

верситета считают, что Луна до сих пор является одной из причин многих землетрясений. Наконец, в пользу «лунной» гипотезы катастрофы свидетельствуют мифы многих народов. Бушмены Южной Африки передают устный рассказ о том, что Луна появилась на небе только после потопа. Греческий эпос рассказывает о полубогинде, которая жила в стране Аркадии в Пелопонесе; чтобы подчеркнуть величайшую древность этой страны, ее жителей именовали проселенидами – «долунными»! Этот миф подтверждал и Аполлоний Родосский, хранитель Александрийской библиотеки (III век до н.э.). Ссылаясь на рукописи, для нас безвозвратно утраченные, Аполлоний писал, что не всегда на земном небе сияла Луна.

Существование Атлантиды подтверждается и многими косвенными факторами.

Наш соотечественник Н.Ф.Жиров не без оснований считает, что самым удивительным из того что мы знаем об Атлантиде и Атлантике, является существование в указанном еще Платоном огромной подводной горной страны – Срединно-Атлантического хребта с прилегающим к нему с востока Азорским плато (находящимся также под уровнем океана). Еще в 1945 году датчанин Франдсен указал, что рельеф дна в районе Азорского плато отвечает описанию Атлантиды Платоном. Недавние работы шведского ученого Малеза подтвердили соответствие расчетов Франдсена батиметрическим картам этого района.

Повезло одной советской экспедиции. Исследовательское судно «Академик Петровский» вышло в 1979 году в Атлантический океан и остановилось на отмели, чтобы опробовать свое подводное оборудование. По чистой случайности они выбрали место над подводным вулканом Ампер. Были получены снимки со дна Атлантики. На них запечатлен район подводной горы Ампер. Внимание к себе привлекли многочисленные фрагменты кладки из камня, которые были довольно-таки ясны и достаточно геометрически правильны по своей форме. Ученым удалось установить, что вулкан Ампер когда-то выступал из воды и был островом. В центральной части Атлантиды действительно была высокая гора.

Английская подводная экспедиция в 1986 году на дне Атлантического океана в координатах 31 градус 15 минут 15,53 секунды северной широты, 24 градуса 15 минут 15,30 секунды западной долготы обнаружила прямоугольник размером с Уэльс рядом с Канарскими островами в тысяче километрах от северо-западного побережья Африки. Ровные линии внутри его являются



искусственными образованиями и могут быть остатками дорог Атлантиды (рис.П1.1.6).

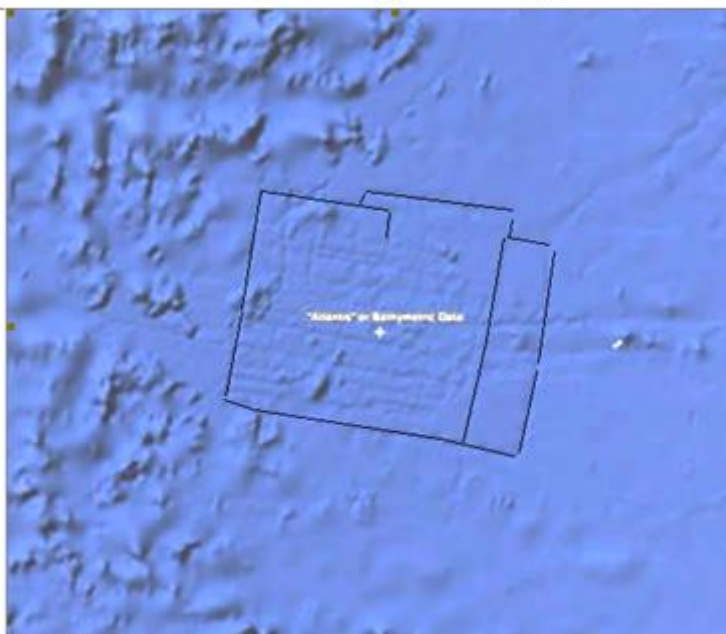


Рис П1.1.6. Прямоугольник размером с Уэльс был обнаружен рядом с Канарскими островами. Атлантида?

Еще одним косвенным доказательством существования Атлантиды является быстрое таяние арктических льдов и прекращение примерно 11000 лет назад ледникового периода.

Если остров Атлантида находился в районе Исландии, то его берега могло омывать мощное теплое течение Гольфстрим, ныне исчезающее в Северном Ледовитом океане. Массы теплого воздуха обеспечивали Атлантиде мягкий климат. Тепло, ранее «предназначенное» главным образом Атлантиде, после ее гибели беспрепятственно дошло до северных берегов Европы, и ледовый щит начал стремительно таять. Огромные территории Европы освободились ото льда. Возникла необходимость заселить эти районы. Племена древнего Средиземноморья двинулись на север и северо-запад; движение это, то ослабляясь, то вновь набирая силу, длилось тысячелетиями. Таким образом, есть достаточное, с нашей точки зрения, основание предположить, что этнос Европы с некоторыми поправками – это этнос древнего и древнейшего

Средиземноморья, Атлантиды.

Чтобы окончательно решить вопрос об Атлантиде, необходимы экспедиции и исследования, требующие больших денег. Пока на эти расходы никто не идет из-за сегодняшних насущных проблем, стоящих перед человечеством.

Атлантида входила в древнюю систему островов, называвшихся Гипербореей. Соответственно ее жителей называли гиперборейцами.

Дословно этот этноним означает «те, кто живут за Бореем (Северным ветром)», или просто – «те, кто живут на Севере». О них сообщали многие античные авторы. Один из самых авторитетных ученых Древнего мира – Плиний Старший писал о гиперборейцах как о реальном древнем народе, жившем у полярного круга, и генетически связанном с атлантами и эллинами через культ Аполлона Гиперборейского. Вот что дословно говорится в «Естественной истории» (IV, 26): «За этими [Рипейскими] горами, по ту сторону Аквилона, счастливый народ (если можно этому верить), который называется гиперборейцами, достигает весьма преклонных лет и прославлен чудесными легендами. Верят, что там находятся петли мира и крайние пределы обращения светил. Солнце светит там в течение полугода, и это только один день, когда солнце не скрывается (как о том думали бы несведущие) от весеннего равноденствия до осеннего, светила там восходят только однажды в год при летнем солнцестоянии, а заходят только при зимнем. Страна эта находится вся на солнце, с благодатным климатом и лишена всякого вредного ветра. Домами для этих жителей являются рощи, леса; культ Богов справляется отдельными людьми и всем обществом; там неизвестны раздоры и всякие болезни. Смерть приходит там только от пресыщения жизнью. Гиперборейцы обладают невероятными знаниями, могут перемещаться по воздуху, изменять материалы и прочее...».

Нельзя сомневаться в существовании этого народа. (Судя по всему гиперборейцы получили свои знания от жителей планет созвездия Лебедя, которые неоднократно посещали Землю. Для высокоразвитых цивилизаций, которые знают, что такое пространство и время, межзвездные перемещения не составляют проблемы).

Даже из этого небольшого отрывка из «Естественной истории» нетрудно составить ясное представление о Гиперборее. Первое – и это самое главное, – она размещалась там, где Солнце может не заходить по нескольку месяцев. Другими словами, речь может идти только о приполярных областях, тех, что в русском

фольклоре именовались Подсолнечным царством. Другое важное обстоятельство: климат на Севере Евразии в те времена был совсем другим. Это подтверждают и новейшие комплексные исследования, проведенные недавно на севере Шотландии по международной программе: они показали, что еще 4 тысячи лет назад климат на данной широте был сравним со средиземноморским, и здесь водилось большое количество теплолюбивых животных. Впрочем, еще ранее российскими океанографами и палеонтологами было установлено, что в 30-15 тысячелетии до н.э. климат Арктики был достаточно мягким, а Северный Ледовитый океан был теплым. Примерно к таким же выводам и хронологическим рамкам пришли американские и канадские ученые. По их мнению, в центре Северного Ледовитого океана существовала зона умеренного климата, благоприятная для такой флоры и фауны, которые не могли существовать на приполярных и заполярных территориях Северной Америки.

Главным же подтверждением неоспоримого факта благоприятной климатической ситуации являются палеоботанические исследования, которые показали, что в глубинных слоях почвы берегов Северного Ледовитого океана находятся остатки растений, характерных для субтропической зоны, а также ежегодные миграции перелетных птиц на Север – генетически запрограммированная память о теплой Прародине. Косвенным свидетельством в пользу существования в северных широтах древней высокоразвитой цивилизации могут служить находящиеся здесь повсюду мощные каменные сооружения и другие мегалитические памятники (знаменитый комплекс Стоунхенджа в Англии, аллея менгиров во французской Бретани, каменные лабиринты Соловков и Кольского полуострова).

Сохранилась карта Г.Меркатора – наиболее известного картографа всех времен, опиравшегося на какие-то древние знания, где Гиперборея изображена в виде огромного арктического материка с высокой горой (Меру) посередине (рис.П1.1.7).

Название дисциплины

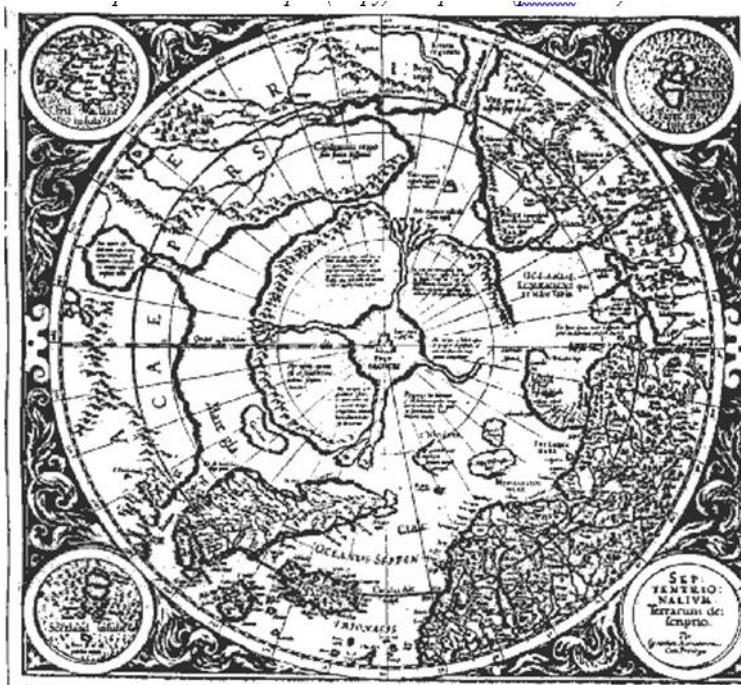


Рис.П.1.7. Карта Герарда Меркатора, изданная его сыном Рудольфом в 1595 году. Составлена она на основании сведений как того времени, так и гораздо более ранних эпох. В центре карты изображена легендарная Арктида (Гиперборея). Она изображена в виде огромного арктического материка с высокой горой Меру посередине

Несмотря на скудные сведения историков, античный мир располагал обширными представлениями и немаловажными подробностями о жизни и нравах гиперборейцев. И все потому, что корни давних и тесных связей с ними уходят в древнейшую общность праиндоевропейской цивилизации, естественным образом связанную и с Полярным кругом, и с «краем земли» – северной береговой линией Евразии и древней материковой и островной культурой Атлантиды. Именно здесь, как пишет Эсхил, «на краю земли», «в безлюдной пустыне» по приказу Зевса был прикован к скале непокорный Прометей: вопреки запрету Богов подаривший людям огонь, тайну движения звезд и светил, искусство сложения букв, земледелие и плавание под парусами. Гиперборейцы знали математику, астрономию, строительное дело, технологии обработки материалов. Есть косвенные подтверждения, что они были знакомы с генетикой и могли изготавливать летательные аппараты. Это подтверждается обилием так называемых «крылатых предметов», постоянно находимых в эскимосских могильниках и

относимых к самым отдаленным временам истории Арктики.

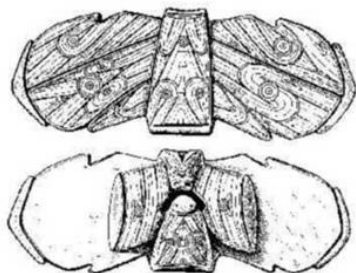


Рис.П1.1.8. Предметы, напоминающие крылья, найденные в эскимосских могильниках



Рис.П1.1.9. Наскальные рисунки вблизи Онежского озера. Изображение летящего гиперборейца

Вот он еще один символ Гипербореи! Сделанные из моржового клыка (откуда их поразительная сохранность), эти распротертые крылья, не вписывающиеся ни в какие каталоги, сами собой наводят на мысль о древних летательных приспособлениях (рис.П1.1.9). Впоследствии эти символы, передаваясь из поколения в поколение, распространились по всему свету и закрепились практически во всех древних культурах: египетской, ассирийской, хеттской, персидской.

Гиперборея существовала в пределах 30-20 тысяч лет до новой эры и погибла очень быстро из-за резкого изменения климата. По непонятным на сегодняшний день причинам произошла смена магнитных полюсов Земли и изменение наклона земной оси. Уровень океанов в Северном полушарии выпылся в среднем на 1000 метров. Гиперборея ушла под воду (от нее в настоящее время остались лишь острова Шпицбергена). Затем наступило очень резкое и быстрое похолодание, Арктика замерзла и превратилась в сегодняшнюю ледяную пустыню. Косвенной поддержкой гипотезы является и ряд мифов, рисующих период вслед за катастрофой как время мрака и страшного холода. У индейцев Северной Америки с гневом богов обязательно связываются тьма и неслыханно суровая зима. В финском эпосе "Калевала" злая колдунья Лоухи крадет Солнце, и страну Калева заносит снежная метель. Однако часть гиперборейцев успела по морю перебраться в Атлантиду и передать им свои знания и культуру.

Так и уходили по этому «мосту» друг за другом прапредки современных народов – каждые в свое время, каждые в своем направлении. И понудили их к тому невиданные катастрофы, связанные с резким похолоданием, вызванным смещением земной

## Название дисциплины

оси и, следовательно, полюсов, взрывом вулканов, землетрясениями и цунами.

Александрийский маяк. Он был построен в III веке до н.э., чтобы корабли могли благополучно миновать рифы на пути в александрийскую бухту. Ночью им помогало в этом отражение языков пламени, а днем – столб дыма. Это был первый в мире маяк, и простоял он 1500 лет.

Маяк был построен на маленьком острове Фарос в Средиземном море, около берегов Александрии. Этот оживленный порт основал Александр Великий во время посещения Египта. Сооружение назвали по имени острова. На его строительство ушло 20 лет, а завершен он был около 280 г. до н.э., во времена правления Птолемея II, царя Египта.

Фаросский маяк состоял из трех мраморных башен, стоявших на основании из массивных каменных блоков. Первая башня была прямоугольной, в ней находились комнаты, в которых жили рабочие и солдаты. Над этой башней располагалась меньшая, восьмиугольная башня со спиральным пандусом, ведущим в верхнюю башню (рис. П1.1.10).

Верхняя башня формой напоминала цилиндр, в котором горел огонь, помогавший кораблям благополучно достигнуть бухты. На вершине башни стояла статуя Зевса Спасителя. Общая высота маяка составляла 117 метров.

Чтобы поддерживать пламя, требовалось большое количество топлива. Дерево привозили по спиральному пандусу на телегах, запряженных лошадьми или мулами. За пламенем стояли бронзовые пластины, направлявшие свет в море. С кораблей можно было видеть этот маяк на расстоянии до 50 км. К XII веку н.э. александрийская бухта настолько заполнилась илом, что корабли больше не могли ею пользоваться. Маяк пришел в упадок. Бронзовые пластины, служившие зеркалами, вероятно, переплавили на монеты. В XIV веке маяк был уничтожен землетрясением. Несколькими годами позже мусульмане использовали его обломки, чтобы построить военный форт. Форт впоследствии не раз перестраивался и до сих пор стоит на месте первого в мире маяка.



Рис.П1.1.10. Общий вид Александрийского маяка (реконструкция)



Рис.П1.1.11. Висячие сады Вавилона (реконструкция)

Висячие сады Вавилона. Они были одной из самых знаменитых диковинок древнего города Вавилон. Однако, хотя археологи и нашли предполагаемые руины садов, доказать, что это именно они, невозможно. Мы знаем только одно: сады действительно существовали, потому что люди видели и описали их (рис.П1.1.11).

Греческие и римские писатели рассказывают, что сады были построены около 600 г. до н.э. по приказу Навуходоносора II, повелителя Вавилона. Этот город лежал на берегах реки Евфрат, к югу от сегодняшнего Багдада, столицы Ирака. Легенда повествует, что царь приказал построить сады ради тосковавшей по дому молодой жены Амитис, надеясь, что они напомнят ей родные персидские горы.

Висячие сады были построены, вероятно, у реки и смотрели на городские стены Вавилона. Они были устроены в виде террас, самая верхняя из которых, возвышалась над землей на 40 метров. Навуходоносор распорядился посадить в саду все мыслимые виды деревьев и цветов. Их свозили со всей империи на телегах, запряженных волами, и речных ладьях.

Успех садоводов, должно быть, зависел от хорошей системы полива, для которого использовалась вода из Евфрата. Воду могли поднимать на верхнюю террасу с помощью цепочки ведер, прикрепленных к колесу, которое вращали рабы. А потом она, сбегала по садам ручьями и водопадами, так что земля всегда

оставалась влажной.

Храм Артемиды в Эфесе был построен Крезом, последним царем Лидии, древней области в Малой Азии, входящей в территорию современной Турции. Царь славился своим огромным богатством и в 560 году до н.э. построил в Эфесе величественный храм. Сам город был основан за тысячу лет до этого. По легенде его основательницами были амазонки – племя женщин-воительниц.

Крез решил построить храм в честь богини Луны, покровительницы животных и молодых девушек. Греки звали ее Артемидой, а римляне – Дианой. Храм был построен из известняка и мрамора, добывавшегося рабочими в близлежащих горах. Несущие конструкции храма составляли около 120 мраморных колонн. Гигантские колонны достигали в высоту 20 метров. Огромные глыбы, из которых они складывались, приходилось ставить на место с помощью блоков, после чего их скрепляли металлическими штырями. Когда здание покрыла крыша, художники придали ему законченный вид, украсив скульптурами и орнаментами. В центре храма стояла статуя Артемиды. Это был один из крупнейших храмов классики, намного превосходивший размерами Парфенон, построенный позже в Афинах. Платформа, на которой он стоял, достигала 131 метра в длину и 79 метров в ширину (рис.П1.1.12).

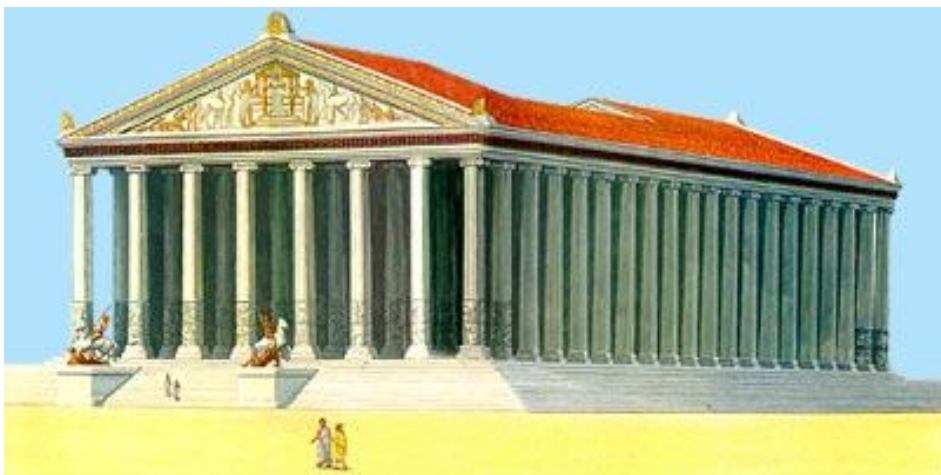


Рис.П1.1.12. Общий вид храма Артемиды (реконструкция)

Двести лет спустя, в 356 году до н.э., храм был сожжен дотла. Поджег его человек по имени Герострат, который просто хотел прославиться. По странному совпадению, храм был уничто-



жен в тот самый день, когда родился Александр Великий. Спустя годы, Александр посетил Эфес и приказал восстановить храм на прежнем месте.

Храм просуществовал до III века н.э. Постепенно бухту в Эфесе заносило илом и город терял свое значение. Храм был разграблен готами, а позднее затоплялся наводнениями. Сегодня от храма в Эфесе сохранилось лишь несколько блоков основания и одна восстановленная колонна.

Статуя Зевса Олимпийского – единственное чудо света, оказавшееся на Европейском материке. Ни один из храмов Эллады не показался грекам достойным звания чуда. Автором этой статуи был великий скульптор древней Греции Фидий. Он также создал статую Афины в Парфеноне и барельефы на стенах храма. Вместе с Периклом – тогдашним правителем Греции – Фидий разработал план перестройки и украшения Афин, что, правда, дорого обошлось Фидию: враги его могущественного друга и покровителя стали врагами скульптора. Мечь их была банальной и грязной, но обыватели жаждали скандала: Фидий был обвинен в том, что утаивал золото и слоновую кость при сооружении статуи Афины в Парфеноне.

Слава скульптора оказалась сильнее злопыхателей. Жители Эллады внесли залог за заключенного, и афиняне сочли этот предлог достаточным, чтобы отпустить Фидия работать в Олимпию. Несколько лет Фидий оставался в Олимпии, сооружая статую – известную нам по описаниям и изображениям на монетах.

Статуя Зевса находилась в храме, длина которого достигала 64 метров, ширина – 28, а высота внутреннего помещения была около 20 метров. Сидящий в конце зала на троне Зевс подпирал головой потолок. Предполагают, что статуя поднималась в высоту на 17 метров. Обнаженный до пояса Зевс был изготовлен из дерева. Тело его покрывали пластины розовой, теплой слоновой кости, одежду – золотые листы, в одной руке он держал золотую статую Ники – богини победы, другой опирался на высокий жезл (рис.П1.1.13). Зевс был столь величествен, что когда Фидий завершил свой труд, он подошел к статуе, как бы плывущей над черным мраморным полом храма, и спросил: «Ты доволен, Зевс?». В ответ раздался удар грома, и пол у ног статуи треснул. Зевс был доволен.



Рис.П1.1.13. Храм и статуя Зевса в Древней Олимпии (город)  
(реконструкция)

Скульптор долго искал способы, чтобы осветить огромную статую (окон в стенах греческих храмов не делали, свет лился только через дверной проем). Фидий решил эту задачу: «Перед постаментом статуи Зевса пол был выстлан темно-синим элевсинским камнем... Теперь Фидий велел вырубить в этом синем камне прямоугольное углубление для бассейна, в который был налит состав с оливковым маслом, предохранявшим статую из слоновой кости от губительной для нее сырости. Темная маслянистая поверхность жидкости в темном бассейне прекрасно отражала падающий на нее из дверей поток света, лучи шли вверх и освещали великолепную голову Зевса, его мощные плечи, ниспадающие ленты венца, складки богато украшенного плаща. Паломникам, не знавшим об этом оптическом фокусе, казалось, что изображение Зевса само излучает божественный свет».

Остались описания кресла Зевса, которое было украшено барельефами из слоновой кости и золотыми статуями богов. Боковые стенки трона были расписаны художником Панэном, родственником и помощником Фидия.

Впоследствии византийские императоры перевезли со всеми предосторожностями статую в Константинополь. Хотя они и были христианами, рука на Зевса ни у кого не поднялась. Даже христианские фанатики, враги языческой красоты, не посмели разрушить статую. Византийские императоры на первых порах позволяли себе ценить высокое искусство. Но, к глубокому удолетворению христианских проповедников, бог покарал своего

## Название дисциплины

языческого соперника, наказав тем самым сошедших с праведного пути императоров.

В V веке нашей эры дворец императора Феодосия II сгорел. Деревянный колосс стал добычей огня: лишь несколько обугленных костяных пластинок да блестящие расплавленного золота остались от творения Фидия.

Когда от памятника не остается и следа, появляется соблазн (часто мотивированный) приписать его существование человеческому воображению. Подобная участь не миновала и статую Зевса, тем более, что от нее не сохранилось копий.

Для того чтобы убедиться, что статуя существовала и была именно такой, как описывали современники, следовало отыскать хотя бы косвенные свидетельства ее создания.

Уже в наше время была сделана попытка найти мастерскую Фидия. Сооружение такой статуи требовало многих лет работы, и поэтому Фидию и его многочисленным помощникам необходимо было солидное помещение. Статуя Зевса – не мраморная глыба, которую можно оставить на зиму под открытым небом.

Внимание немецких археологов, проводивших раскопки в Олимпии, привлекли остатки античного здания, перестроенного в византийскую христианскую церковь. Обследовав здание, они убедились в том, что именно здесь располагалась мастерская – каменное сооружение, немногим уступавшее по размерам самому храму. В нем, в частности, нашли орудия труда скульпторов и ювелиров и остатки литейного «цеха». Но самые интересные находки сделаны по соседству с мастерской – в яме, куда в течение многих сотен лет мастера сбрасывали отходы и отбракованные детали статуй. Там удалось отыскать отлитые формы тоги Зевса, множество пластин слоновой кости, сколы полудрагоценных камней, бронзовые и железные гвозди – в общем, полное и бесспорное подтверждение тому, что именно в этой мастерской Фидий изготовил статую Зевса, причем именно такую, как рассказывали древние. И в довершение всех доказательств в груде отбросов археологи нашли и донышко кувшина, на котором были выцарапаны слова: «Принадлежу Фидию».

Колосс Родосский. Так называлась гигантская статуя, которая стояла в портовом городе на Родосе – острове в Эгейском море у берегов современной Турции. Известно по описанию, что статуя была сделана из бронзы и достигала в высоту около 33 метров. Она была создана скульптором Харетом в 4 в. до н.э., на строительство ее ушло 12 лет. Бронзовая оболочка статуи крепилась к железному каркасу. Полую статую начали строить снизу, и по мере того как она росла, заполняли камнями, чтобы сделать ее

Название дисциплины

устойчивее. Колосс был завершён около 280 г. до н.э. Описания позволяют предположить, что она стояла в центре города и смотрела на море и гавань (рис.П1.1.14).



Рис.П1.1.14. Общий вид статуи Колосса Родосского  
(реконструкция)

Примерно через 50 лет после завершения строительства Колосс рухнул. Во время землетрясения он переломился на уровне колен. Оракул велел не восстанавливать статую, и она осталась лежать там, где упала. Так она пролежала более 900 лет, и люди отправлялись на Родос лишь затем, чтобы взглянуть на обломки поверженного бога. В 654 г. н.э. сирийский князь захватил Родос и снял со статуи бронзовые пластины. Говорили, что он увез их в Сирию на 900 верблюдах.

Название дисциплины

Колизей был открыт в 80-м году н.э. сыном и преемником императора Веспасиана Титом Флавием. Учитывая масштабы предпринятого строительства, сооружение было закончено довольно быстро, всего за 8 лет. И учитывая место (в долине), где раньше было озеро, планировка Колизея рассчитывалась до мельчайших подробностей. Например, емкости были построены на глубине 8 метров под зданием для ответвления ручьев, текущих из окружающих долин и холмов. Фундамент был сделан из бетона: под наружными стенами и сидениями он был глубиной 12-13 метров, во внутреннем овале арены толщина составляла 4 метра; эта информация наглядно иллюстрирует масштаб сооружения и предусмотрительность, воплощенную в проекте. Благодаря тщательно продуманной конструкции, здание выдержало проверку временем (рис.П1.115, П1.1.16).

Имя архитектора неизвестно. По аналогии строительства подобных сооружений античности, процесс проектирования включал вычерченный в масштабе план ярусов здания, архитектурный макет, перспективные чертежи, и некоторые чертежи в натуральную величину. То есть в этом здании огромного масштаба и сложности многие детали были детально проработаны еще до момента начала строительства. Здание было построено в соответствии с набором архитектурных принципов, примененных во время сооружения других крупных зданий античности.

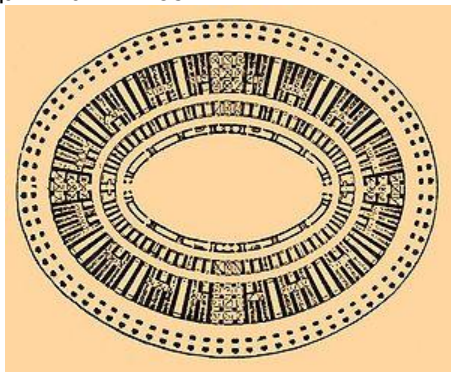
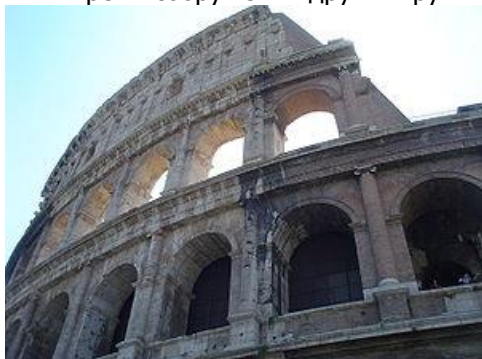


Рис.П1.1.15. Колизей общий вид

Рис.П1.1.16. Колизей: реконструкция внутреннего вида

Подобно другим римским амфитеатрам, амфитеатр Флавиев представляет в плане эллипс, середина которого занята ареной (также эллиптической формы) и окружающими её концентрическими кольцами мест для зрителей. От всех сооружений такого

## Название дисциплины

рода Колизей отличается своей величиной. Это самый грандиозный античный амфитеатр: длина его наружного эллипса равняется 524 м, большая ось — 187,77 м, малая ось — 155,64 м, длина арены — 85,75 м, её ширина 53,62 м; высота его стен — от 48 до 50 метров. При таких размерах он мог вместить в себя около 50 тысяч зрителей. Амфитеатр Флавиев был построен на бетонном фундаменте толщиной в 13 метров.

Колизей разительно отличается от большинства греческих и римских общественных зданий, унаследованных от классической модели греческих храмов с их прямоугольными рядами колонн, увенчанных фронтонами. Использование арок и сводов, построенных из бетона, облицованного кирпичом, позволили римским архитекторам возвести здание с гораздо более крупными пролетами и визуально более разнообразное. Колизей представляет собой сотовидную структуру из арок, проходов и лестниц, позволяющую тысячам людей легко занимать свои места в амфитеатре и наблюдать за смертоносными зрелищами. Впечатляющий внешний вид Колизея был когда-то и является по сегодняшний день непревзойденным памятником императорской власти Рима.

Упорядоченная привлекательность и симметричность наружного вида Колизея создана тремя ярусами арок в сочетании с полукруглыми колоннами. Эти колонны принадлежат различным архитектурным ордерам на каждом ярусе (Тосканский внизу, Ионический посредине и Коринфский на третьем ярусе). Четвертый верхний слепой ярус перемежается пилястрами, украшенными коринфскими капителями. Элементы конструкции, отражающие намерение архитектора согласовать их с принципами порядка, подсознательно предоставляют зрителям восприятие уравновешенного и гармоничного внешнего фасада.

В верхней части Колизея, в промежутках между пилястрами, расположены небольшие прямоугольные окна. Выше и между окнами располагаются каменные цоколи, в которых когда-то устанавливались мачты для фиксации тентов, предохраняющих зрителей верхнего яруса Колизея от палящего солнца или непогоды. Отверстия, в которые вставлялись эти горизонтальные мачты, легко можно увидеть сегодня.

Сверху внешняя часть наружной стены была украшена позолоченными бронзовыми щитами, а арки были заполнены скульптурами императоров и богов. Два главных входа, расположенных с каждой стороны малой полуоси эллипса, предназначались для императора и других знатных сановников. Входы обозначены гигантскими портиками, каждый из которых увенчан позолочен-

Название дисциплины

ными конными колесницами. Император также имел отдельный вход, который проходил под сидениями и выходил к императорскому ложу. История Колизея после падения Римской империи: Колизей функционировал в течение четырех с половиной столетий. Он хранит на себе отметки многих изменений, дополнений и реконструкций. Последний гладиаторский бой зафиксирован в 404 году н.э., а последняя охота на животных на арене Колизея – в 523 г. н. э. Постепенно склонности публики изменились, господствующей религией стало христианство, но главной причиной, которая положила конец проведению игр, стал военный и финансовый кризис западной части империи, наряду со многими вторжениями, которые испытывала Италия от варваров. Никто уже не мог выдержать колоссальных расходов, необходимых на организацию игр, и потребность в существовании Колизея отпала.

Организация игр, требовавших огромных затрат, являлась предметом огромного общественного интереса и регулировалось многочисленными законами.

Свободные граждане имели право посетить различные представления в цирке или амфитеатре, предоставляемые императором и аристократией Рима. Все это делалось с целью сохранить общественное спокойствие. *Panem et circenes* (хлеба и зрелищ) – вот что нужно было простым римлянам, чтобы отвлечь их внимание от более важных вопросов. Организация игр в честь богов сначала носила характер религиозных обрядов и регулировалась законодательством. Позже, когда богатые граждане взяли на себя все расходы по организации их проведения, священный характер игр был практически забыт.

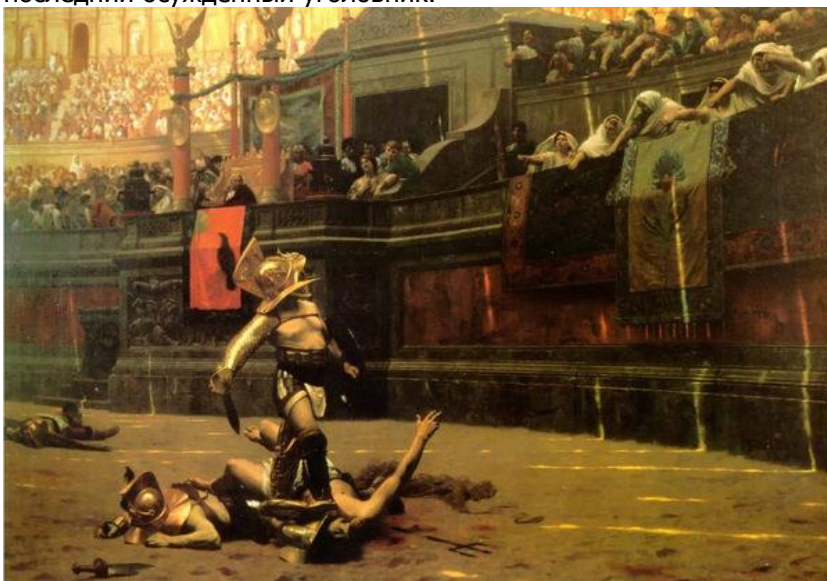
В Риме для практической организации игр в первом веке нашей эры императоры создали *Ratio a muneribus*, что-то наподобие «Министерства игры» (если так можно выразиться), располагающей необходимыми финансовыми и организационными функциями для проведения игр. Недалеко от Колизея было налажено производство необходимого снаряжения и приспособлений, которые поднимались и раскрывались на арене, представляя зрителям декорации, на которых происходили бои гладиаторов.

Для римлян посещение Колизея не было только способом отдыха и развлечений, но и местом встреч людей, принадлежащих к разным сословиям. Римское общество было разделено на классы, и амфитеатр стал местом, в котором публика могла встретиться с императором и даже обратиться к нему.

Гладиаторы Колизея: ими обычно становились рабы, преступники, осужденные на смертную казнь или военнопленные,

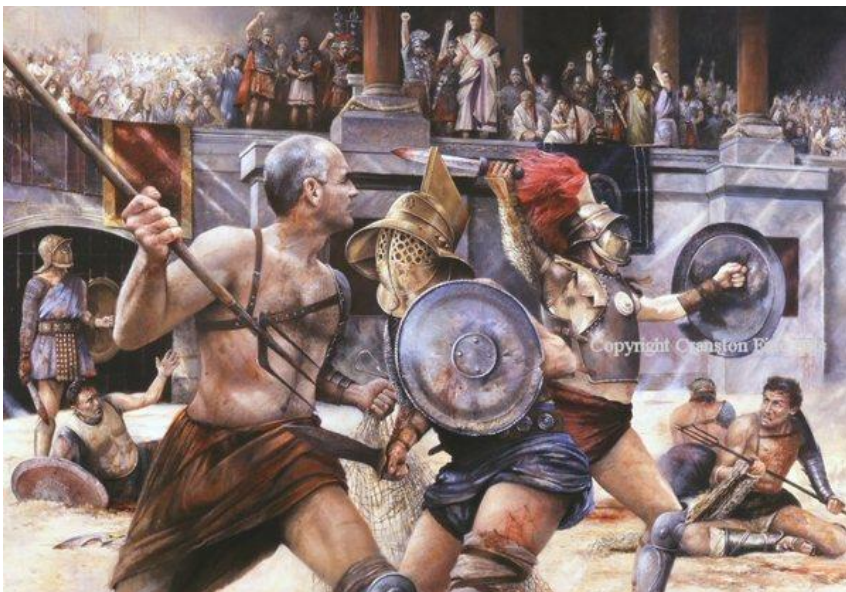
Название дисциплины

которые по римскому праву не имели каких-либо прав, жизнь которых не представляла для государства какой-либо ценности. Военнопленные, которые соответствовали необходимым требованиям, обучались в школах для выступлений на арене Колизея и других амфитеатров. Когда началась ощущаться нехватка в гладиаторах, вошел в обычай отравлять в гладиаторские школы беглых рабов, в школах они получали необходимую подготовку наравне с другими. Они дрались на общих основаниях с другими и после трех лет прекращали свои выступления на арене. Этим рабы отличались от осужденных насмерть преступников, которые дрались в Колизее без всякой надежды на выживание, подобно осужденным на *ad bestias* (растерзание дикими зверьми) или *ad gladium ludi damnati* (осужденные на смерть от меча). В последнем случае один вооруженный гладиатор убивал обезоруженного противника, потом сам оказывался обезоруженным и становился жертвой другого вооруженного гладиатора и так далее, пока не оставался последний осужденный уголовник.



а)





б)

Рис.П1.1.17. Картины художника Жерома Жан-Леона:  
а – «В ожидании»; б – «Гладиаторский бой»



Рис.П1.1.18. Кирико Джорджи «Гладиатор и лев» (1927)

Свободные граждане Рима, называвшиеся *autorati*, начиная с первого века н.э. добровольно становились гладиаторами и дрались на арене Колизея как профессионалы. Эти свободные граждане могли начать карьеру гладиатора, полностью подчинившись требованиям ланисты. Ланиста – человек, имевший в римском мире наиболее отвратительную профессию (даже ниже сутенеров или палачей), имел право жизни и смерти над ними, поскольку от гладиаторов требовалось принятие присяги о полном повиновении как обязательном условии приема в школу. Он клялся «терпеть наказание кнутом, клеймом или принять смерть от меча». Такие страшные наказания имели целью пресечь любой намек на неповиновение и «промывали мозги» гладиаторам с тем, чтобы воспитать в них убеждение, что преодоление любых испытаний является единственным средством их выживания. Подго-

товка длилась в течение нескольких лет, после которого гладиатору разрешалось выйти на арену, так как публика требовала профессиональных зрелищ. В конце позднего Рима около половины всех гладиаторов составляли *autorati* (рис. П1.1.17, П1.1.18).

Пары гладиаторов, дравшиеся на арене Колизея, располагали сбалансированным вооружением: воин, лучше обеспеченный наступательным вооружением, имел меньше средств защиты, или наоборот. Боевые приемы придерживались традиционного сценария боя, поединок являл собой мастерство, хорошо известное публике, рассчитывавшей на профессиональное исполнение. Зрители могли одобрять или порицать маневры гладиаторов, как мы делаем это сегодня, когда смотрим спортивные игры, например, футбол. Публика не терпела монотонности и подражаемости, высоко оценивала мужество и проявление храбрости.

В 73 до н.э., около 70 гладиаторов под предводительством Спартака бежали из школы Капуа, создали армию из 90 000 человек и в течение трех лет на территории Римской империи длилось крупнейшее восстание рабов. После подавления бунта организация деятельности школ была изменена, дабы избежать подобных инцидентов. Около каждой школы стоял гарнизон солдат, каждое утро доставлявший туда оружие и уносил его на ночь обратно. В случае малейших беспорядков солдаты вмешивались немедленно. Школы считались вполне безопасными, поэтому они находились внутри городов. Содержащиеся под стражей не могли бежать, и им оставалось только надеяться на спасение своей жизни, отважно сражаясь на арене Колизея, чтобы привлечь внимание могущественных людей, которые могли изменить их судьбу и сделать их свободными. Такой минимальный шанс на освобождение был не больше чем миф, который питал надежду гладиаторов на изменение их судьбы.

Посещение Колизея: игры строго предназначались для граждан (рабы не допускались), но билеты не продавались. Вместо этого различные общины, братства, товарищества, лиги, союзы, объединения и тому подобное имели предназначенные им места в амфитеатре в соответствии со своей ролью и рангом в обществе. Те же, кто не являлся членом какой-либо организации, пытались найти покровителя, который мог бы предоставить место на основе приглашения. Такая традиция соблюдалась на протяжении длительного времени. Не только в амфитеатре, но и в цирке или театре каждой категории граждан предоставлялись определенные места, которые рассматривались как привилегия.

Все зрители должны были одеваться соответствующим об-

## Название дисциплины

разом: граждане мужского пола должны были носить тогу. Граждане, которые не пользовались хорошей репутацией – обанкротившиеся, лица развратные или расточительные – должны были сидеть вместе с плебсом в верхних рядах. В древние времена даже одиноким женщинам разрешался допуск в Колизей. Алкоголь был запрещен: люди не должны были пить алкоголь во время игры, и писатель Лампридий критиковал императора Коммода, когда тот иногда употреблял спиртные напитки в Колизее.

В день игр люди приходили очень рано, а некоторые даже спали в Колизее. Чтобы войти в здание, зрителям необходимо было предъявить тессера (приглашение). Тессера являла собой небольшую пластину или кубик из мрамора, которая, как и сегодняшние билеты, указывала на точное месторасположение его владельца (сектор, ряд, место). Каждое место на трибунах имело вырезанный на нем номер. Люди сидели на деревянных досках, установленных на мраморных камнях, а римская аристократия располагалась на более удобных мягких сидениях. Бедняки, в том числе и женщины, должны были располагаться на самом верхнем ярусе.

Зрители шли к своим местам через арки, обозначенные номерами I – LXXVI (1-76). Четыре главных входа не были пронумерованы. Лучшие места были на или за подиумом, поднятым в целях безопасности на два метра выше арены.

Современные ученые часто говорят, что иерархия сидений отражает социальную иерархию римского общества. Но при этом надо учитывать тот факт, что пять секций трибун для зрителей, снизу доверху, могли расположить около 50 000 преимущественно мужчин, а в то время в Риме насчитывалось примерно 300 000 взрослого мужского населения. Население низших классов Рима на подобных зрелищах систематически представлялось в меньших количествах. Две самые низшие (то есть самые престижные) секции трибун размещали соответственно 2 000 и 12 000 зрителей. На трибунах Колизея, за исключением первых рядов подиума, зрители были скучены как сардины в банке. На каждого зрителя приходилось в среднем 40 см на 70 см пространства.

Сцены охоты стали очень популярны в Колизее и других амфитеатрах, поскольку в те времена это был единственный шанс для римлян увидеть незнакомых им диких зверей. В самом начале охота на диких животных в Колизее происходила утром, как предисловие к гладиаторским сражениям, которые начинались во второй половине дня. Но в последний период республики охота на арене организовывалась среди бела дня и иногда затягивалась

## Название дисциплины

на несколько дней. Все виды диких животных: слоны, медведи, быки, львы, тигры – отлавливались по всей территории империи, транспортировались и удерживались к дню организации игр.

Для обеспечения безопасности зрителей в Колизее высота ограждения вокруг арены равнялась 4 метрам, с гладкой поверхностью и роликами сверху, чтобы предотвратить запрыгивание зверей через ограду на трибуны. К тому же, система сетей вокруг подиума служила дополнительной мерой безопасности.

Большинство пар были классическими: лев против тигра, быка или медведя. Иногда пары были явно неравные: собаки или львы или выпускались на оленей, и в этом случае исход был предсказуем.

Колизей является одним из самых известных и популярных туристических достопримечательностей в Риме. Хотя до наших дней сохранились только руины, это наиболее интересный образец римской архитектуры с увлекательной историей и потрясающим видом. Миллионы туристов со всего мира посещают Рим, чтобы открыть для себя вечное очарование Колизея, шедевра древней римской архитектуры, сейчас это едва ли не самые впечатляющие руины в мире. Никакая поездка в столицу Италии не будет считаться полной без посещения этого удивительного сооружения эпохи Древнего Рима. Колизей открыт с 8.30 утра каждый день, кроме Рождества и 1 января.

Современные «чудеса света». В наше время также строятся огромные сооружения, в частности, дома-небоскребы в г. Дубае – столице Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ). Это строение побило существующий на сегодняшний день мировой рекорд по высоте зданий, возведенных человеком, его высота достигает 630 метров (рис.П1.1.19).



**Рис. П1.1.19. Общий вид современного небоскреба «Дубайская башня»**

В течение 45 лет мировой рекорд высотности держала американская телебашня KVLV-TV, построенная в 1963 году в Северной Дакоте. Высота этого объекта составляет 628,8 метра. Среди других высотных зданий в списке первых стоит 101-этажный небоскреб "Taіrei-101" в тайваньской столице, возведенный в октябре 2003 года до высоты в 508 метров, и башня CN-Tower в Канаде, имеющая высоту 553,33 метра (рис.П1.1.20).

Но почивать на лаврах самого высокого здания в мире "Дубайской башне" придется не- долго. Ее "земляк", сверхвысо-

кий небоскреб "Аль Бурдж", расположенный на прибрежной части города, по окончании строительства, которое началось в 2007 году, может отнять у башни ее звание. По словам автора проекта, застройщика Аль Накхеля, высота здания может достигнуть 1200 метров.



Рис. П1.1.20. Общий вид центра столицы ОАЭ г. Дубая

## 1.2. Организация монтажных работ

Монтажные работы – важнейший этап в подготовке производства. От того, как будут выполнены монтажные работы, зависит качество работ, сроки их выполнения, производительность труда рабочих и безопасность работы в монтажной зоне.

Удельный вес механомонтажных работ в строительстве пищевых предприятий в общем объеме строительно-монтажных работ по стоимости достигает 20-25%. От качества механомонтажных работ, и в первую очередь работ по монтажу технологического оборудования, подъемно-транспортных устройств и технологических трубопроводов, в значительной мере зависят быстрейшее освоение проектных мощностей и эксплуатационная надежность оборудования.

Основными направлениями в техническом развитии монтажного производства являются индустриализация и механизация работ, внедрение прогрессивных и экономичных методов производства, конструкций и материалов, а также комплексной системы управления качеством монтажа.

Индустриализация, предусматривающая перенос

## Название дисциплины

большинства технологических операций с монтажной площадки на машиностроительные предприятия, заводы и мастерские монтажных заготовок, превращает монтажное производство в механизированный поточный процесс сборки и монтажа оборудования с максимальной степенью заводской готовности и комплектности, а также комплектных транспортабельных блоков агрегатированного технологического оборудования.

За последние годы значительно повысился уровень индустриализации монтажных работ. В результате творческого сотрудничества монтажных организаций с конструкторскими и машиностроительными предприятиями-изготовителями технологического оборудования повысилась степень заводской готовности и комплектности технологического оборудования, создаются и внедряются конструкции блоков агрегатированного оборудования с коммуникациями, смонтированными на общей базовой конструкции. Централизованное механизированное изготовление блоков и секций трубопроводов достигло 58% объема.

Индустриализация монтажных работ повышает производительность труда, сокращает сроки строительства предприятий, повышает качество конструкций и коммуникаций, надежность и долговечность смонтированного оборудования.

Наряду с этим при сооружении пищевых предприятий широко внедряются новые прогрессивные и экономичные методы монтажа. Наиболее широко распространен поточно-совмещенный метод монтажа оборудования, конструкций и коммуникаций, при котором механомонтажные работы выполняют в определенной технологической последовательности одновременно с основными строительными и специальными работами. Широко применяется скоростной монтаж комплектно поставляемых технологических линий оборудования. Внедрение прогрессивных и экономичных методов монтажа оборудования, конструкций и коммуникаций позволяет повышать производительность труда, лучше использовать грузоподъемное оборудование, создает безопасные условия производства работ, сокращает продолжительность строительства предприятий.

Повышению качества механомонтажных работ, надежности и долговечности оборудования и коммуникаций способствует внедрение комплексной системы управления качеством монтажных работ. Основными факторами этой системы являются входной контроль качества проектно-сметной и монтажно-технологической документации, технологического оборудования, монтажных заготовок и материалов, строительных работ, связан-



ных с монтажом оборудования и конструкций, операционный контроль и самоконтроль исполнителя, материальное и моральное стимулирование за высокое качество выполненных работ.

### 1.2.1. Приемка строительной части под монтаж

До начала монтажных работ представитель монтажной организации совместно с представителями заказчика организуют процедуру по приемке строительных работ по акту в составе комиссии.

Требования к строительной готовности объектов монтажа. Помещения, сдаваемые под монтаж оборудования, должны быть освобождены (генподрядчиком) от опалубки, лесов, очищены от строительного мусора, окна остеклены, двери оборудованы запорами, проемы и отверстия ограждены, а каналы и люки закрыты крышками, соответствующими требованиям техники безопасности.

На конструкциях помещений строительная организация обязана нанести главные оси и абсолютные отметки на реперах (в том числе отметки чистых полов). Геодезическая схема главных осей здания и реперов прилагается к акту готовности объекта под монтаж.

Отклонения в размерах строительных конструкций для высокопроизводительного мельничного оборудования должны соответствовать «Временным техническим условиям», разработанным ЦНИИ «Промзернопроект».

При приемке фундаментов проверяют:

- соответствие формы и размеров фундамента проекту,
- состояние поверхности фундамента,
- наличие и качество колодцев для анкерных болтов,
- размеры между фундаментными болтами,
- состояние резьбы и размеры выступающей части,
- прочность заделки и их ориентацию (вертикальность).

Монтажная организация при приемке фундаментов под монтаж оборудования обязана проверить правильность разбивки осей и высотных отметок.

Отклонения не должны превышать следующих величин (в мм):

- основные размеры в плане  $\pm 30$ ,
- высотные отметки поверхности фундамента  $\pm 30$ ,
- размеры уступов в плане  $\pm 20$ ,

Название дисциплины

- размеры колодцев в плане +20,
- отметки уступов в выемках и площадках  $\pm 20$ ,
- оси анкерных болтов в плане  $\pm 5$ ,
- оси закладных анкерных устройств в плане  $\pm 10$ ,
- отметки верхних торцов анкерных болтов  $\pm 20$ .
- отклонение забетонированного анкерного болта от вертикали по высоте выступающей части не должно превышать 1,5 мм.

Анкерные болты должны быть укомплектованы гайками и шайбами и защищены от коррозии смазкой.

Фундамент должен быть расположен в грунте должного качества. Грунт должен выдерживать нагрузку: глинистый грунт  $p=0,1-0,3$  МПа, песчаный  $p=0,1-0,05$  МПа, крупноблочный (щебень, песок)  $p=0,6$  МПа. Если несущая способность не выполняется, то такой фундамент непригоден. Поэтому строители должны упрочить грунт одним из способов:

- механическая утрамбовка (повышение на 30 процентов несущей способности),
- химический: инъекция в грунт растворов (цементизация, 1:100 цементного раствора), соленизация (соляная кислота 3 %-ная, а затем синтетическая смола), силикатизация (введение в грунт жидкого стекла), битумизация (нагнетание расплавленного битума или холодных битумных смол),

\* Высотная отметка – пространственный (объемный) ориентир, исходной точкой для отсчета которого служит нулевая отметка здания (сооружения).

\*\* Анкерные болты – конструктивные варианты фундаментных болтов, служащие для крепления оборудования и конструкций к несущим конструктивным элементам зданий и сооружений.

- центр тяжести машины должен совпадать с центром тяжести фундамента, несовпадение должно быть не более 5 процентов от размеров фундамента.

К началу производства работ по установке оборудования разрешается приступить после подписания актов готовности объекта (зданий, сооружений).

Сборные железобетонные конструкции зданий и сооружений. Отклонение осей колонн одноэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении от вертикали при высоте колонн до 10м  $\pm 10$  мм, свыше 40 м – 0,001 высоты, но не более 35 мм.

Смещение осей колонн многоэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении относительно разбивочных осей для колонн

Название дисциплины

высотой до 4,5 м –  $\pm 10$  мм; свыше 4,5 м  $\pm 15$  мм.

Смещение осей ригелей и прогонов, а также ферм (балок) по нижнему поясу относительно геометрических осей конструкций  $\pm 5$  мм.

Отклонение расстояний между осями ферм (балок) перекрытий в уровне верхних поясов 20 мм.

Разность отметок верха смежных колонн или опорных площадок (кронштейнов, консолей) 10 мм.

Смещение в плане плит перекрытий или покрытий относительно их проектного положения на опорных поверхностях (вдоль опорных сторон плит)  $\pm 20$  мм.

Отклонение плоскостей стеновых панелей в верхнем сечении от вертикали (на высоту этажа) 5 мм.

Монолитные бетонные и железобетонные конструкции. Отклонение горизонтальных плоскостей на всю плоскость выверяемого участка  $\pm 20$  мм, отклонения в длине  $\pm 20$  мм.

Отклонения в размерах поперечного сечения  $\pm 3-6$  мм.

Отклонения в отметках поверхностей и закладных частей, служащих опорами для металлических элементов, 5 мм.

Отклонения в расположении анкерных болтов:

в плане при расположении внутри контура – 5 мм

в плане вне контура опоры – 10 мм

по высоте  $\pm 20$  мм.

Разница отметок по высоте на стыке двух смежных поверхностей – 3 мм.

Каменные конструкции.

Стены – столбы.

Отклонения:

по размерам (толщине) конструкций в плане 15 мм

по отметкам опорных поверхностей  $\pm 10$

по ширине проемов

$\pm 15$

смещение осей конструкций поверхностей

и углов кладки от вертикали на один этаж  $\pm 10$

мм.

Разумеется, комиссия проверяет только те размеры, которые влияют на монтаж.

Кроме того генподрядчик в соответствии с техническими условиями на производство и приемку работ по монтажу должен выполнить следующие работы:

а) заложить фундаменты и основания под оборудование;

б) подготовить проемы в стенах и перекрытиях для такела-

жа оборудования и монтажные отверстия в строительных конструкциях;

в) провести забутовку днищ силосов и бункеров, их очистку;

г) сделать перегородки, лотки (каналы);

д) смонтировать рабочие площадки для обслуживания оборудования;

е) закончить устройство черных полов и внутренней штукатурки;

ж) провести черновую побелку;

з) оборудовать освещение;

и) установить силовые щиты для питания инструмента и сварочного оборудования.

Отделочные строительные работы (устройство чистых полов, заделка отверстий, окраска строительных конструкций и окончательная побелка) можно выполнять только после окончания монтажа оборудования и коммуникаций.

После проверки комиссия составляет акт о готовности сооружения под монтаж, составленный по формам (приложения 1, 2 СНиП 3.05.05-84). В акте приводятся ссылки на нормативные документы: (СНиП 111-16-80, временные технические условия ЦНИИ «Промзернопроект» и др.).

К акту прилагается:

- формуляр главных осей и отметок зданий,
- формуляр размеров фундаментов и их привязка,
- данные экспертизы о качестве бетона фундамента,
- оценка качества и комплектности закладных конструкций,
- акт на скрытые работы (те, что нельзя проконтролировать визуально).

Отдельные виды строительных работ, которые делают только после монтажа (устройство чистых полов, окраска, побелка) допускается оставлять строителям, но в договоре это должно быть оговорено. В случае если помещение не сдано, то допускается проведение монтажных работ первого этажа (разметка, разбивка осей, подготовка монтажных отверстий диаметром не более 25 мм, пристрелка полос заземления, установка кабельных полов).

### **1.2.2. Подготовка монтажного участка**

Монтажники прибывают на стройку за 15-45 дней до начала работ на предварительно обустроенную территорию, называемую

участком. Территорию под участок обустройства генподрядчик. К началу работы участка генподрядчик должен выполнить следующие работы:

а) устроить подъездные пути для разгрузки оборудования, изделий и материалов;

б) оборудовать площадки с твердым покрытием для укрупнительной сборки оборудования и временного хранения собранного оборудования;

в) построить или выделить склады, навесы для хранения монтажных изделий и материалов, помещения для прораба и бытовых нужд рабочих-монтажников.

Монтажный участок возглавляет прораб или мастер, в распоряжение которого монтажная организация (МО) направляет рабочих соответствующих профессий и квалификаций в количестве и в сроки, предусмотренные планово-предупредительным ремонтом (ППР). Подготовку к монтажу начинают с организации монтажной площадки.

Элементы монтажной площадки. Монтажная площадка – понятие комплексное, включающее:

а) производственные, бытовые и складские помещения;

б) площадки для укрупнительной сборки оборудования и металлических конструкций;

в) площадки для временного хранения укрупненных блоков;

г) временные разводки сжатого воздуха, электроэнергии, воды;

д) посты для сварки и резки.

Основные вопросы организации монтажной площадки решают в специальной части проекта организации строительных и монтажных работ.

В комплекс работ по организации монтажной площадки входят следующие:

1) оборудование площадок и стендов укрупнительной сборки технологического оборудования и конструкций;

2) создание монтажного городка из передвижных вагончиков, контейнеров;

3) установка откидных площадок в монтажных проемах здания;

4) устройство материальных складов для хранения средств малой механизации, монтажных заготовок, материалов и инструментов, баллонов со сжиженным газом и др.;

5) создание приобъектных мастерских с инструментальным хозяйством;

б) перебазирование и постановка на рабочие места монтажных машин и механизмов.

Для укрупнительной сборки оборудования и конструкций отводится отдельная площадка, примыкающая к монтируемому объекту. Она должна быть выровнена, утрамбована и посыпана песком, гравием или шлаком. Несущая способность площадки 0,3-0,4 МПа. Уклоны площадки в соответствии с условиями работы кранов не должны превышать 0,052 рад (3°). Площадки, расположенные на болотистых грунтах и рассчитанные на применение тяжелых кранов грузоподъемностью 25- 40 т, выстилают бетонными плитами, что оговаривается при разработке ПОС и предусматривается в ППР при разработке плана монтажной площадки.

В качестве примера на рис.1.2.1 показан стройгенплан периода монтажных работ для типового проекта комбикормового завода производительностью 315 т/сут. На плане римскими цифрами обозначены строящиеся здания и сооружения завода. Расположение временных сооружений, площадок и строительных механизмов (краны, монтажные стрелы, площадки контрольно-сборочные и накопительные, инвентарные и временные сооружения) обозначено арабскими цифрами: I – склад готовой продукции с отпуском комбикормов на железную дорогу и на автотранспорт; II – производственный корпус; III – склад сырья силосного типа; IV – надземная транспортная галерея; V – цех предварительных смесей с приемным устройством с железной дороги; VI – приемное устройство с автотранспорта; VII – бытовые помещения, трансформаторная подстанция; VIII – надземная галерея, соединяющая производственный корпус с бытовыми помещениями;

расположение временных сооружений, грузоподъемного оборудования и монтажной оснастки: 1 – площадки складирования блоков и оборудования для склада сырья III; 2 – площадка складирования блоков и оборудования производственного корпуса II; 3 – площадка складирования блоков и оборудования для склада готовой продукции I; 4 – монтажные электролебедки; 5 – монтажные стрелы; 6 – площадка складирования блоков металлоконструкций, поступающих с автокранов; 7 – инвентарный материальный склад; 8 – вагон-диспетчерская; 9 – вагон прораба; 10 – контрольно-сборочная площадка с твердым покрытием, на которой располагаются: автопогрузчик, стеллаж для хранения металла, инвентарные помещения для сварочных трансформаторов, обогрева рабочих и для бригадира; 11 – навес для сборочных работ; 12 – башенный кран.

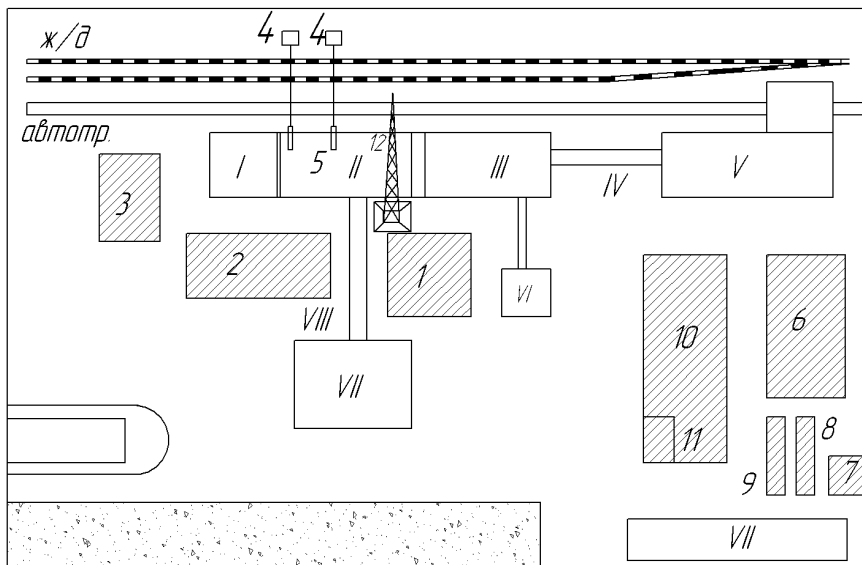


Рис.1.2.1. Стройгенплан периода монтажных работ комбикормового завода  
производительностью 315-560 т/сут

При разработке стройгенплана важен правильный выбор мест для контрольно-сборочной и накопительно-складских площадок, а также определение рациональных внутриплощадочных транспортных коммуникаций, обеспечивающих сокращение перевозок оборудования и монтажных узлов. Зоны разных кранов должны соприкасаться, чтобы передавать груз от одного крана к другому без перетаскивания его. В случае размещения площадки в зоне действия башенного крана необходимо учитывать выполнение требований правил техники безопасности, касающихся эксплуатации крана. Размеры сборочной площадки (располагаемой около зоны башенного крана) определяют по данным ППР. Расчетную площадь для хранения 1 т массы оборудования принимают: для тяжелого оборудования 0,7 м<sup>2</sup>, для среднего – 1,3, для легкого – 2,5 и для электродвигателей – 0,5 м<sup>2</sup>.

Хранение изделий и материалов. Все материалы, изделия и монтажные заготовки, а также оснастку доставляют от поставщиков или монтажно-заготовительного участка на объект монтажа по графику, но всё же некоторое время они должны храниться на площадке, так как монтаж с колёс с полной привозной комплектацией остаётся только мечтой монтажника.

Металлоизделия надо хранить на складе, под навесом, в

## Название дисциплины

контейнерах или в деревянной таре, защищая от сырости и коррозии. Площадь складов (площадок) для временного хранения прокатной и сортовой стали, труб и металлоизделий определяют исходя из месячного запаса. Основание площадок, на которых хранят металл, необходимо ограждать от подпочвенной влаги. Территория открытых складов должна иметь уклон в  $1,5-2,0^\circ$  для стока атмосферных вод. Склады снабжают сквозным или круговым проездом шириной не менее 3,5 м для транспортных и грузоподъемных средств. Расстояние от проезда до ближайшего штабеля или стеллажа принимают 0,5-0,7 м.

Металлоконструкции укладывают на деревянные подкладки высотой 150-200 мм. Плоские металлоконструкции надо укладывать в штабель высотой до 2 м. Длинномерные металлоконструкции (колонны, прогоны и т.п.) укладывают на ребро в штабель, состоящий из 5 рядов по высоте.

Электроснабжение монтажной площадки. Монтажная площадка обеспечивается электроэнергией и другими энергоресурсами в количествах, определяемых ПОС.

При организации электроснабжения необходимо пользоваться инвентарными (многооборачиваемыми) устройствами: а) комплектные щиты вводно-распределительных устройств; б) инвентарные электростояки; в) пульта отбора мощности; г) защитно-отключающие устройства; д) штепсельные разъемы для подключения электроинструмента; е) осветительные приборы, аппараты защиты и управления токоприемниками и т. д. Электроэнергию к передвижным и переносным токоприемникам подводят гибкими шланговыми кабелями, а к неподвижным – кабелями или проводами в трубах, проложенными с соблюдением действующих правил по монтажу проводов.

Временную наружную открытую электропроводку на монтажной площадке следует выполнять изолированным проводом или кабелем на надежных опорах так, чтобы нижняя точка проводки находилась на высоте не менее 2,5 м над рабочим местом, 3,5 м – над проходами и 6 м – над проездами. На высоте менее 2,5 м от земли электрические провода должны быть заключены в трубы. Электролампы общего освещения применяют на 220 В, а для светильников, располагаемых ниже 2,5 м, следует исключать возможность касания к их токоведущим частям или применять напряжение не выше 36 В.

В производственных помещениях высотой выше 20 м рекомендуется устанавливать электростояки, рассчитанные на питание электроэнергией сварочных постов, электроинструментов и



сетей временного электроосвещения. Электроэнергию к сварочным постам, расположенным на монтажной площадке, подводят так, чтобы длина сварочного кабеля была не более 30 м. При невозможности приближения источника питания разводку делают кабелем большего сечения (не менее 90 мм<sup>2</sup>) с устройством зажимов для подсоединения сварочных кабелей.

Потребную мощность электроэнергии для монтажной площадки рассчитывают по методу коэффициента спроса. Для этого все электроприемники разбивают на группы с однородным режимом работы. Для каждой из них подсчитывают суммарную установленную мощность  $P_u$ , приведенную к продолжительности включения ПВ=1, после чего определяют активную расчетную нагрузку  $P_M = K_C P_V$

где  $K_C$  – значение коэффициента спроса для группы электропотребителей (берётся из таблиц).

### **1.2.3. Доставка технологического и грузоподъёмного оборудования**

Габаритные изделия (оборудование) поставляют, как правило, в собранном виде, предусмотренном сборочными чертежами. Негабаритные изделия поставляют отдельными сборочными узлами.

При этом под понятием «габаритное» подразумевают свойство изделия, обеспечивающее его транспортабельность подвижным составом железных дорог нормальной колеи. Это объясняется тем, что в условиях больших просторов России оборудование перевозится на большие расстояния в основном железнодорожным транспортом. Поэтому все оборудование должно вписываться в нормальный габарит погрузки, установленный МПС (рис.1.2.2), имеющий сложную форму. Он представляет фигуру, укладываемуюся в прямоугольник 3250•5300 мм, но с несколькими усечениями. Грузы, выходящие за пределы очертания нормального габарита погрузки, называются негабаритными, и перевозка их производится по специальному согласованию с железной дорогой.

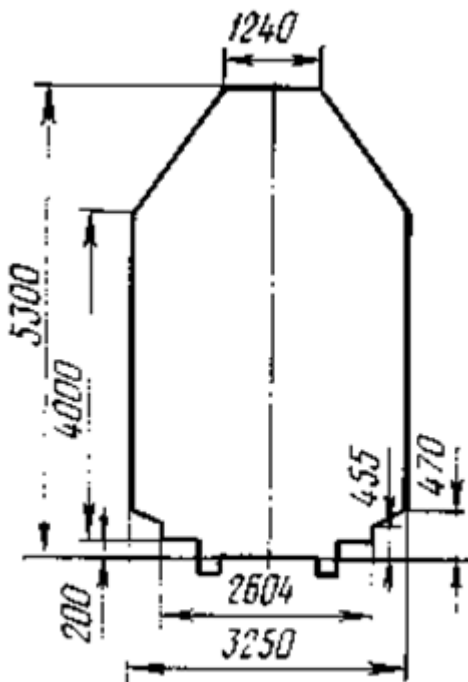


Рис 1.2.2. Габариты для железнодорожной перевозки грузов

Грузы в зависимости от места выхода за габарит погрузки могут иметь боковую, верхнюю или нижнюю негабаритность.

Верхняя негабаритность – груз превышает габарит погрузки в пределах высоты свыше 4000 мм от головки рельса; она имеет три степени (0, II, III). Боковая негабаритность – груз выходит за габарит погрузки на высоте 1230-4000 мм, считая от головки рельса; количественно она имеет пять степеней (0, I, II, III, IV). Нижняя негабаритность – груз превышает габарит погрузки в пределах высоты до 1230 мм от головки рельса; она степеней не имеет и допускается в исключительных случаях с разрешения главных управлений движения и пути МПС РФ.

Высота груза от головки рельса при всех степенях негабаритности не должна превышать 5300 мм. В итоге по максимальной четвертой степени негабаритности допустимая ширина груза составляет 4450 мм по полу платформы,

## Название дисциплины

3800 мм – на высоте 3600 мм и 2000 мм – на полной высоте 5300 мм.

Должны быть также выдержаны требования по расположению высоты центра тяжести машины относительно оси платформы (смещение центра тяжести от продольной оси платформы должно быть не более 0,1 м).

При погрузке крупного оборудования, в том числе монтажных кранов, с железной дорогой согласовывают схему погрузки и крепления оборудования на платформах. Для серийного и часто перевозимого груза, например гусеничных и колесных кранов, схема погрузки отражена в технических паспортах заводов-изготовителей и согласована с МПС РФ.

Для перевозки по железной дороге к месту работы монтажных кранов требуется несколько платформ: для кранов МКТ-25 и МКГ-25 БР – две, для СКГ-63 – семь, для МКП-25 – три.

Для перевозки оборудования на расстояние до 100—200 км, а иногда и более 300 км применяют прицепы-тяжеловозы (трайлеры). На них также перевозят монтажные гусеничные краны.

При движении по плохим дорогам на небольшие расстояния используют тракторы и автотягачи большой проходимости. При подаче оборудования со склада к месту монтажа также применяют прицепы-тяжеловозы, которые транспортируют тягачами или тракторами в зависимости от состояния внутриплощадочных дорог.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что эффективность строительства предприятий пищевых производств, монтаж оборудования на них и само функционирование во многом зависят от качества и количества подъездных путей и дорог, по которым осуществляется подвоз оборудования, материалов и вывоз готовой продукции.

Поставка изделий и материалов. Материалы, изделия и монтажные заготовки, а также оснастка могут быть доставлена от поставщиков или с монтажно-заготовительного участка на объект монтажа автомобильным транспортом.

При перевозке изделий и материалов автомобильным транспортом следует выдерживать предельные габаритные размеры, приведенные в табл.1.2.1.

Таблица 1. 2.1

Предельные габаритные размеры (м) автотранспортных средств с грузом

## Название дисциплины

Транспортные средства	Длина	Ширина	Высота
Автомобили с разным числом осей без прицепа	12,0	2,5	3,8
Автопоезд, состоящий из тягача с полуприцепом или автомобиль с одним прицепом	20,0	2,5	3,8
Автопоезд, состоящий из автомобиля с двумя и более прицепами	24,0	2,5	2,8

Примечание. Для перевозки автомобильным транспортом общего назначения грузов высотой более 3,8 м (вместе с автомобилем) и шириной более 2,5 м либо длиной более на 2 м, выступающего за задний борт или крайний борт платформы (прицепа) требуется письменное разрешение Госавтоинспекции по месту отгрузки, а при междугородных перевозках еще и разрешение соответствующих дорожных органов.

### 1.2.4. Расконсервация оборудования

Оборудование в монтаж передают по заявкам монтажной организации в сроки, оговорённые договором и сетевым графиком работ, разработанным в ППР.

Перед укрупнительной сборкой технологического оборудования, включающей монтажно-сборочные и сварочные работы, производят распаковку и частичную расконсервацию оборудования. Распаковку выполняют с помощью комплекта инструментов либо специального приспособления конструкции ВНИИмонтажспецстроя, выполняющего функции ножниц для обрезки окантовочной проволоки (ленты), лома и гвоздодера.

Методы расконсервации сборочных единиц оборудования зависят от вида консервационных материалов. Ингибированные полимерные покрытия (ИПП) удаляют после надрезки механическим способом; пластичную смазку ПВК, консервационные масла НГ-203А, НГ-203Б, НГ-203В и К-17 – нагреванием съемных деталей в ваннах с минеральными маслами при температуре 20 °С с последующей протиркой бязью, смоченной уайт-спиритом, или промыванием моющими растворами с последующей сушкой, или снятием смазочных материалов скребками с последующей протиркой бязью, смоченной уайт-спиритом. Применять керосин, бензин, ацетон и другие резко пахнущие жидкости в пищевом производстве недопустимо.

Наименьшую трудоёмкость расконсервации даёт использо-

вание самовысыхающих плёнок или покрытий, испаряющихся при продувке тёплым воздухом от калориферов. Но это вопрос завода-изготовителя.

Требования к качеству, поставке и хранению оборудования. Качество и комплектность оборудования, порядок его поставки и хранения должны отвечать требованиям:

а) государственных стандартов на соответствующее оборудование; отраслевого стандарта 27-00-37-71 «Машины и оборудование продовольственные. Общие технические условия»; в) отраслевого стандарта 27-00-168-74 «Машины и оборудование продовольственные. Общие монтажно-технические требования»; г) строительных монтажных норм и правил на монтаж ТО, подъемно-транспортного, электросилового и другого оборудования (СНиП).

Конструкция, качество изготовления и объем испытаний передаваемых в монтаж узлов и собранного оборудования должны обеспечивать возможность его установки без разборки и без трудоёмких подгоночных работ.

При прибытии оборудования заказчик обязан провести его внешний осмотр для проверки соответствия числа мест и состояния упаковки сопроводительным транспортным документам, а при отгрузке без упаковки проверить состояние оборудования и его деталей. Результаты осмотра оформляют актом по форме №М-24. Оборудование с явными дефектами консервирующих покрытий или находящееся на складе заказчика с нарушением условий хранения, предусмотренных ТУ завода-изготовителя, заказчик подвергает предмонтажной ревизии с разборкой на узлы в объеме, позволяющем определить пригодность к установке, выявить скрытые дефекты и устранить их. Реконсервация проводится в сроки, предусмотренные ТУ завода-изготовителя, а при их отсутствии – не реже одного раза в год.

### **1.2.5. Ревизия и приемка технологического оборудования под монтаж**

Оборудование в монтаж передают по заявкам монтажной организации в объектном складе, предусмотренном проектом организации строительства. Оборудование принимают с частичной распаковкой, по внешнему осмотру, без разборки его на узлы и детали. При этом монтажники проверяют:

а) соответствие оборудования проекту и заводской документации, т. е. выполнение заводом-изготовителем контрольной сборки, обкатки, испытаний;

## Название дисциплины

б) комплектность оборудования по заводским спецификациям, отправочным и упаковочным ведомостям;

в) отсутствие повреждений и дефектов оборудования, сохранность окраски и консервирующих покрытий, сохранность пломб; наличие смазки, наличие транспортных заглушек, фильтров и надёжность крепежа;

г) наличие всей технической документации, необходимой для производства монтажных работ.

д) наличие срока гарантии, оборудование с непросроченным сроком принимается в монтаж без вскрытия. Если у оборудования просрочен срок хранения, то оно подлежит ревизии. Ее может проводить и монтажная организация за дополнительную плату по согласованию с заказчиком.

Предмонтажная ревизия проводится с разборкой на узлы в минимальном объеме, позволяющем определить пригодность к установке, выявить скрытые дефекты и устранить их. При длительном хранении оборудования могут состариться и прийти в негодность прокладки, ослабнуть пружины и крепления, может испортиться смазка, появиться коррозия. Подлежат замене старые прокладки, уплотнения, сальники, удаляется старая смазка, заменяется новой, проверяются пружины, крепления, устраняются мелкие повреждения, удаляется коррозия. Узлы заново смазываются. Заканчивается ревизия сборкой устройства и контрольным опробованием.

Оборудование, поступившее в некомплектном виде отдельными частями без крепежных материалов, входящих в поставку завода-изготовителя, и не по спецификациям проекта, доукомплектовывается, собирает и укрупняет в блоки заказчик.

Передачу оборудования в монтаж оформляют актом (форма №М-25), в котором указывают: название предприятия, состав комиссии, перечень оборудования, дефекты. В заключении указывается, какое оборудование готово к монтажу, а какому нужно провести ревизию.

При обнаружении некомплектности и дефектов оборудования при его приемке в монтаж или в процессе монтажа или испытания оборудования монтажная организация обязана немедленно поставить об этом в известность заказчика и принять участие в составлении акта (форма №М-27). Акт является основанием для составления рекламации. Составление акта, предъявление рекламации и претензии – обязанность заказчика как собственника оборудования.

Сборке подлежит негабаритное оборудование, поступаю-

щее на строительство в разобранном виде – отдельными узлами, которые монтируют в целую машину (нории, транспортеры, всасывающие фильтры и др.). Сборку проводят в соответствии с заводскими чертежами. Кроме того, могут для удобства упаковки поставлять в разобранном виде и габаритное оборудование. Часто отдельно упаковывают электропривод, выступающие части машины.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.2

### ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ И ТРАНСПОРТА

Как было показано, монтажные работы связаны с перемещением грузов. Вся история человечества также зависела от перемещения товаров (грузов и услуг). Для этих целей использовались различные пути сообщения. Они существуют столько времени, сколько существует человечество.

Водные пути и водный транспорт. Древнейшими транспортными артериями были реки и моря, особенно в период Античности и Раннего Средневековья. Древний мир бурлил, как кипящий котел, выплёскивая население древних полисов во все уголки Ойкумены. Разбой, война и торговля шли рука об руку, иногда переплетаясь настолько, что купцы в одночасье превращались в грабителей, а благородные герои и воины не гнушались торговать с аборигенами. Всё больше и больше народов вовлекалось в орбиту меновой торговли сырьём, в особенности металлами, произведениями искусства и рабами.

Вместе с моими людьми я пришел, путешествуя тёмным  
Морем к народам иного языка; хочу я в Темесе  
Меди добыть, на неё обменявшись блестящим железом;  
(Гомер, Одиссея, I, 180).

С технической стороны решающую роль в процессе освоения новых земель сыграло развитие мореплавания и кораблестроения в целом и корабль как инженерное сооружение в частности.

Многочисленный купеческий флот в течение целого тысячелетия обеспечивал процветание финикийским городам, невзирая на большие налоги и пошлины со стороны чередою сменявшихся египетских, ассирийских, вавилонских и персидских завоевателей, под власть которых то и дело подпадали финикийские метрополии. Стремясь освободиться от чрезмерной опеки «очередных хозяев», предприимчивые купцы стали выводить на запад торговые центры, а затем строить новые города. Те, в свою оче-

## Название дисциплины

редь, перехватывали нити торговли, устанавливали контроль над проливами и становились торговыми монополистами. Их корабли обладали великолепными мореходными качествами, а движимые жаждой наживы купцы достигали самых удаленных уголков Обитаемого моря (как тогда называли бассейны Средиземного и Чёрного морей). Некоторые, наиболее смелые мореходы, отваживались выходить даже за Мелькартовы столбы (Гибралтарский пролив). Об этих походах слагались легенды и мифы. Тех, кому бессмертные боги позволяли возвратиться живыми и невредимыми, соотечественники считали героями и обожествляли. Рассказы о своих путешествиях мореплаватели приукрашивали различными небылицами, с одной стороны, чтобы возвеличить себя и свой подвиг, а с другой – чтобы запугать и запутать своих возможных последователей и сохранить за собой монополию торговых связей с далёкими землями. Такая торговля приносила хозяевам кораблей баснословную прибыль, которая не могла сравниться даже с военной добычей. Купцы, торговавшие с Тартессом, возвращались домой с трюмами, заполненными иберийским серебром, даже якоря их судов были серебряными (Диодор, V, 35, 3-5). Не менее серебра ценилось олово. И хотя путь к оловянным островам – Касситеридам (Корнуэл, Англия) мимо бурных вод Эстримнид (Бретань, Франция) – был долог и труден, прибыль от торговли покрывала все издержки (Геродот, IV, 152). Торговые суда бороздили просторы Внутреннего моря, перевозя на периферию произведения искусства, оливковое масло, великолепные ткани, оружие и виноградное вино. Обратным нескончаемым потоком «плыли» товары, которыми были богаты варварские страны, в первую очередь металл и зерно. В общем, предметом торговли становилось всё, что можно было загрузить в объёмные трюмы и выгодно продать.

Финикийский торговый корабль – это было довольно вместительное судно длиной 30-35 метров с мощным носом и двумя кормовыми рулевыми веслами (рис.П1.2.1). Вдоль бортов крепились решетки из прутьев для ограждения палубного груза. Мачта несла прямой парус на двух изогнутых реях. На носу крепилась большая амфора для питьевой воды. Финикийские кормчие внесли большой вклад в морскую науку, введя деление окружности горизонта на 360°. Кроме того они составляли для моряков надежные описания небесных ориентиров.





Рис П1.2.1. Финикийский торговый корабль

Военные корабли, обособившиеся ещё в гомеровскую и архаичную эпохи как средства транспортировки войск и разбоя, постепенно усвершенствуются и приобретают функции защиты транспортного флота и борьбы с пиратством. Но основным их предназначением становится борьба с такими же боевыми судами враждебных государств.

Морские сражения не уступают в ожесточённости сухопутным битвам и зачастую решают исход войн (битвы при Саламине, Эгаде, Акции). Упорная борьба за мировое господство в Древнем мире во многом определялась военно-морской мощью, которая обеспечивала контроль над захваченными территориями, над рынками сырья и сбыта, а также над морской торговлей в целом. Могущество Афин, Карфагена и Рима основывалось в первую очередь на мощном флоте.

Широкий спектр тактических и стратегических задач, стоящих перед флотами держав античного мира, обуславливал в целом и многообразие типов кораблей, распространенных в древности.

Военно-техническое соревнование диадохов Александра Великого, превратившееся в настоящую гонку морских вооружений, закончилось созданием целого ряда кораблей-монстров. Строительство этих титанов эллинских флотов преследовало цели скорее психологического давления на противника, чем практического использования. Многие из этих гигантов так и не смогли принять участие в морских сражениях, навечно оставаясь в гаванях памятниками инженерной мысли древних корабелов и

военно-технической мощи своих заказчиков. Тем не менее, в этот период еще широко используются более ранние, так сказать, архаичные типы судов. На это были две причины. С одной стороны, строительство больших многоярусных кораблей было делом исключительно сложным и дорогостоящим, требующим налаженной структуры верфей и содержания технического персонала. Всё это выливалось в огромные финансовые затраты, которые могли себе позволить только богатые державы и полисы. С другой стороны, относительно длительные сроки эксплуатации древних судов позволяли ещё долго использовать устаревшие корабли в качестве транспортного и вспомогательного флота.

В конце 3 в. до н.э., после разгрома Карфагена во 2-й Пунической войне, эстафету морского владычества, по праву победителя, перенимают римляне. Со свойственной им практичностью, не изобретая ничего принципиально нового, они скрупулезно перенимают опыт своих бывших соперников, доводя и отшлифовывая технику судостроения, мореплавания и батального искусства до совершенства. Именно римский флот по своей организации и техническому совершенству, вобрав в себя лучшие достижения покорённых народов, логически завершил и подытожил развитие морского дела в античности.

Наиболее эффективными боевыми кораблями греков и римлян были трехъярусные весельно-парусные триеры, основными тактическими приёмами в морских боях тех лет были таранные удары по вражеским кораблям и последующий абордаж (рукопашный бой на палубах). Максимальное количество вёсел на триере достигало 170. За счет этого триеры могли быстро маневрировать; практически на месте, не теряя скорость, изменять направление движения; дать при необходимости задний ход, в полной мере использовать кинетическую энергию удара. Ударное орудие – таран – располагалось на носу корабля.

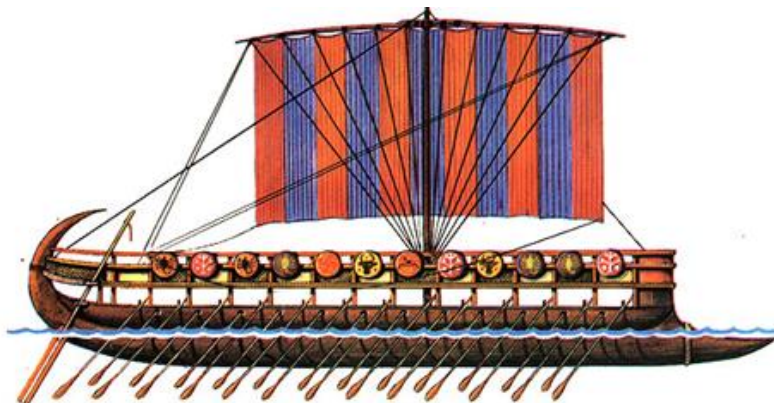


Рис П1.2.2. Финикийский военный корабль

На рис.П1.2.2 показан финикийский боевой корабль. Он имел два ряда вёсел, поэтому назывался бирмой. Длина корабля 30м, ширина основного корпуса равнялась  $1/6$  длины. Основным оружием являлся окованный бронзой таран. За счет хорошей скорости таран имел большую кинетическую энергию и легко пробивал борта вражеских кораблей. На верхней палубе, прикрытой с боков щитами, располагался парус прямоугольной формы, применялся главным образом при попутном ветре.

Бирма могла ходить и в бакштах (под углом к ветру) и была очень маневренным кораблём.

Как сообщает Плиний, ссылаясь на слова Фукидида, первые триеры были построены в Коринфе корабельным мастером Аминоклом. Уже в начале пятого века они доминируют в афинском флоте и в 480 г. приносят столь жизненно необходимую победу при Саламине. В этом сражении наиболее ярко прослеживается подавляющее преимущество триер над другими типами судов, заключающееся в удачном сочетании скорости и мощности. Именно это сочетание обеспечило им «долгую жизнь» в древних флотах, а Архе Афинской – пол века безраздельного господства на море (рис.П1.2.3).



Рис.П.1.2.3. Триеры Афинского морского союза

Широко использовались древние двухпалубные военно-транспортные суда. Эти корабли предназначались для длительных крейсерских плаваний, в том числе и с выходом в океан. На них были сделаны великие географические открытия древности. Одновременно с таранными кораблями появляются суда с «корабельной артиллерией» в виде различного рода метательных машин, устанавливаемых на палубе (начало персидских войн).

Противники сходились на расстояние дальнобойности метательных машин и, забрасывая друг друга «снарядами», начинали сближение, а затем вступали в абордажный бой. Естественно, такое изменение тактики морского боя сводило на нет преимущества триер, и они постепенно уступают место более мелким (биремам и либурнам), по которым труднее попасть и которые очень хорошо маневрировали.

Устранив к началу новой эры всех своих основных соперников в средиземноморском бассейне, римляне почти полностью переходят на эскадры, состоящие из легких и маневренных либурн. С изменением стратегических задач военно-морских соединений меняется в корне и тактика флота. Его основной задачей становится поддержка действий сухопутных войск с моря, разведка, высадка десанта, борьба с пиратами, охрана торговых судов. Конструкции торговых кораблей практически повторяли греческие (рис.П1.2.4, П1.2.5). Длина его 27 м, ширина – 7,5 м, осадка – 2,5 м. Средняя вместимость корабля 250-300 т. В центре круглого, прочно сработанного корпуса устанавливалась мачта, которая несла прямой парус и два треугольных. На носу была короткая наклонная мачта – бушприт с небольшим парусом (артемо-

Название дисциплины

ном). Благодаря ему имелась возможность ходить круто к ветру. Управление осуществлялось кормовыми веслами. На корме имелась надстройка (каюта) для хозяина и пассажиров.



Рис П1.2.4. Древнегреческий торговый корабль



Рис П1.2.5. Древнеримский торговый корабль для перевоза зерна

Падение в 4 веке н.э. Римской империи привело к тому, что Европа оказалась под властью варваров. Культура, наука, торговля пришли в упадок, кругом царили хаос и насилие.

На севере Скандинавского полуострова после потепления, вызванного изменением направления теплого течения Гольфстрим, появились германские племена поселенцев с Юга. Их называли викингами.

Поскольку лето в Норвегии было короткое, викингам приходилось заготавливать достаточно много продовольствия, чтобы

Название дисциплины

пережить долгую зиму. Рыбу и мясо тюленей сушили, солили и хранили в деревянных бочках. Все это были продукты моря.

Женщины играли важную роль в обществе. Пока мужа уходили в море, на них возлагалось ведение хозяйства. Крестьянские хозяйства полностью обеспечивали себя всем необходимым, поэтому в семьях было много детей. Мальчикам приходилось помогать по хозяйству, но каждый из них мечтал, что он тоже скоро может уйти в море.

Скудность природных ресурсов и рост населения приводит к необходимости расширения зоны обитания, к агрессии, поскольку это были земли омываемые океаном, то вполне естественно, первейшими путями были морские. Начиная с 8 века н.э. историки отметили бурный рост кораблестроения у викингов и расширение зоны их походов.

Существовало несколько типов кораблей, каждый из них соответствовал своему назначению. В дальние плавания викинги чаще всего отправлялись на дракарах – удлиненное мелкосидящее судно с симметрично загнутыми вверх конечностями, одну из которых украшала вырезанная голова дракона, призванная вызывать ужас у врага (рис.П1.2.6).



а)



б)



2)

6)

Рис.П1.2.6. Корабли викингов: а- строительство; б – военный дракар в боевом походе; в- грузовой «knorr»; г – поднятый со дна моря и реконструированный дракар 10-го века

По бортам располагались 15-20 пар весел, в центре устанавливалась мачта с единственным прямоугольным парусом. Викингам принадлежит изобретение риф-сезней, с помощью таких приспособлений в штормовую погоду можно убавить площадь парусов.

Дракар имел длину около 30 м, плавал под парусом и веслами, команда состояла из 60-80 человек. Каждый член команды боевого корабля вез с собой оружие и снаряжение и был готов вступить в бой. Для повышения устойчивости судна на дно укладывали балласт. На таких кораблях отважные мореплаватели совершали свои походы в Англию, Францию, Испанию, страны Средиземноморья, Гренландию и добирались до берегов Северной Америки. Фактами доказано, что Америку открыл не Христофор Колумб в XV веке, а викинг Эрик Рыжий Великолепный.

Основным инструментом при постройке корабля был топор, материалом – дерево. В эпоху викингов кораблестроение было настоящей профессией. Корабелы искали в лесах деревья с естественными изгибами, подходящими для обводов корпуса корабля, который они собирались построить. Деталь судна викингов вытесывали так, чтобы древесные волокна, идущие вдоль детали, повторяли все изгибы. Доски вытесывали из ствола дерева, а шпангоуты – из кривых ветвей. Лучшим материалом считался дуб, но часто приходилось довольствоваться сосной. Ни одному десятку людей приходилось заниматься строительством в течение не-

скольких лет.

Из каждого ствола вытесывалась всего одна доска толщиной 3 см. Доски обладали гораздо большей прочностью и гибкостью, чем современные. У викингов – судостроителей не было чертежей, строили, опираясь на собственную память. Секреты мастерства передавались от отца к сыну. Чтобы обеспечить водонепроницаемость, щели между досками обрабатывали просмоленной шерстью и паклей. Корпус корабля викингов состоял из досок, закрепленных внахлест, так называемая «клинкерная» технология обеспечивала большую гибкость продольной оси. Эта технология стала главным достижением викингов, она применялась на протяжении тысячелетий и сохранилась в традициях других народов северной Европы и Америки.

Гибкость корпуса – основной секрет кораблей викингов. Принцип примерно такой же, по которому сегодня строят океанские яхты. Даже с полным грузом осадка корабля небольшая, и он скользит по поверхности воды почти без сопротивления. Под парусом корабли викингов почти не касались воды и становились быстроходными. Скорость достигала 20 узлов.

Основным грузовым судном считался широкий «knorr» с парусом площадью 90 кв. м., осадкой 1,5 м и грузоподъемностью 40 тонн. Были также небольшие суда для рыболовства, переправы и местного сообщения. На рис.П1.2.6, г показан поднятый из воды и реставрированный корабль викингов 10-го века. Обратите внимание на набор корпуса. Его построили люди, не умевшие писать, читать, не знавшие математики. По ходовым качествам он лучше современных гоночных яхт!

В те далёкие времена сухопутных дорог было крайне мало, поэтому вместо дорог использовались реки, которые пересекали сушу во всех направлениях.

Хорошим примером является известный в истории путь «из варяг в греки». Поскольку реки не море, то использовались лодки различных размеров в качестве грузовых судов.

Из Варяжского (Балтийского) моря было четыре пути на Черное (Русское море). Первое направление – по Западной Двине до Витебска, затем лодки волоком перетягивали до Днепра и дальше вниз до моря.

Второе направление по Неману до притока Припяти, а затем по ней до Днепра и дальше.

Третье направление – по Неве через Онежское и Невские озёра по рекам Волхов и Ловать, затем волоком до Днепра.

Четвёртое направление – из Онежского озера до верховьев



Название дисциплины

Волги и затем вниз до Каспийского моря. Затем волоком до Дона (а затем по пути современного Волго-Донского канала или то Терреку, затем волоком до Кубани и в Черное море (см. походы князя Святослава в 965-967 гг.) (рис.П1.2.7-П1.2.9).

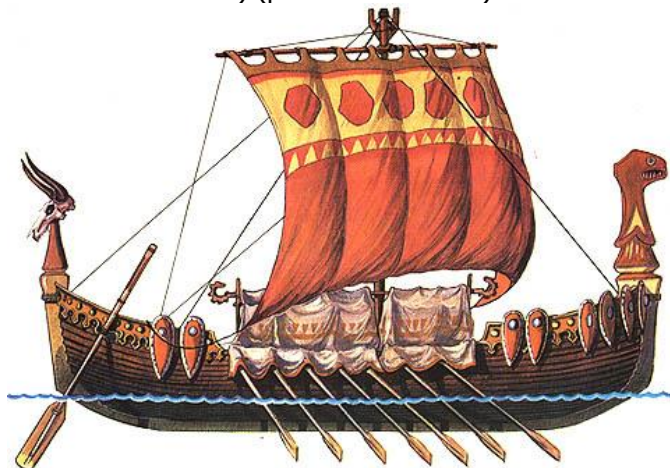


Рис.П1.2.7. Русская боевая ладья

Название дисциплины

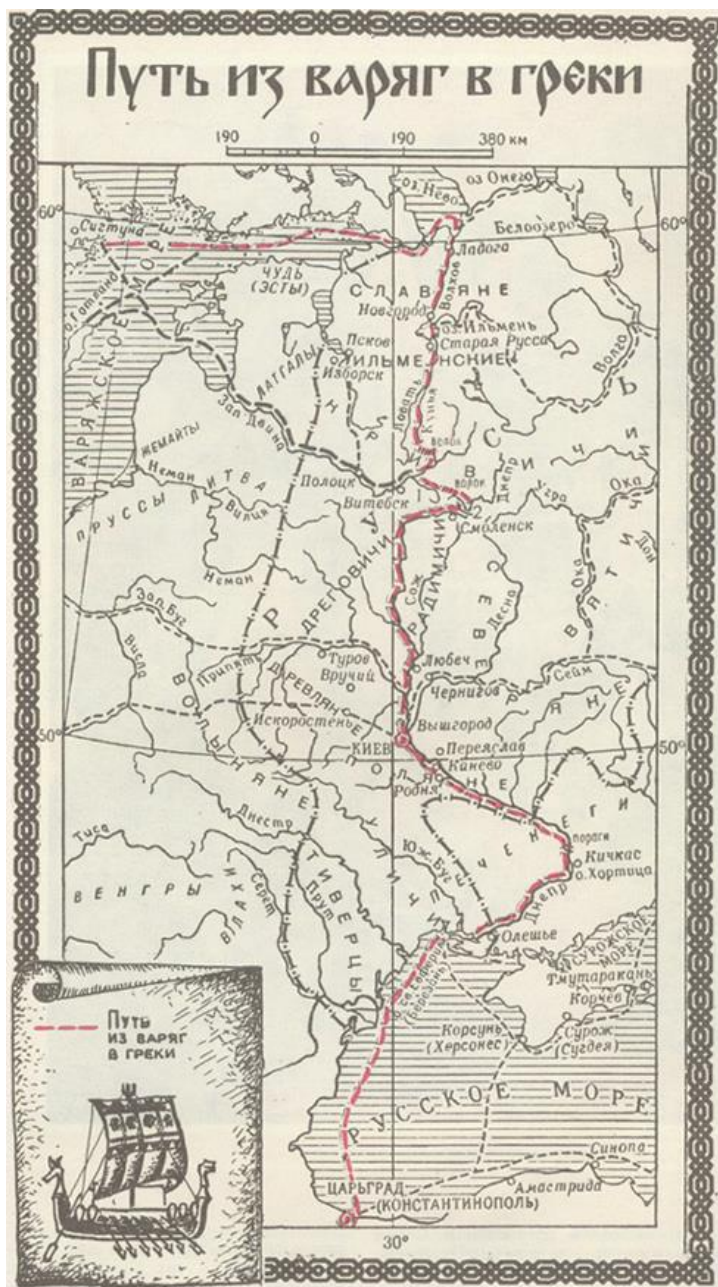


Рис.П1.2.8. Путь из варяг в греки через Черное море



Рис.П1.2.9. Путь из варяг в греки через Каспийское море и на Восток

Великий Волжский путь соединял Средневековую Русь, Скандинавию и Северную Европу с Прикаспием и странами Востока. Его расцвет приходится на период X11-X1У вв., когда на берегах Волги существовало государство Волжских булгар, захваченное впоследствии монголо-татарами, которые основали здесь свое государство – Золотую Орду. В местах пересечения речного пути сухопутными были основаны крупнейшие города: Сарай (в дельте Волги) и Новый Сарай (в 200 км выше по течению на рукаве Волги Ахтубе). Наземные пути вели один на запад – в Крым, затем в Средиземноморье, в частности, в Константинополь, дру-

## Название дисциплины

гой – на восток в Хорезм и далее в Индию и Китай, а также на юг – в Персию и арабские страны. По Волжскому пути в Восточную Европу шел поток восточного серебра, а в Средиземноморье и на Восток – ценные меха из лесов Руси, бассейна Камы и Северного Урала, русское льняное полотно, рабы, мед и воск. Из Средней Азии и Китая доставляли шелка, из Персии и Индии – пряности и драгоценные камни, жемчуг, слоновую кость, шелковые хлопковые ткани. Византия поставляла на рынки волжских городов вино и оливковое масло в сосудах-корчагах, стеклянные изделия.

Необходимым условием поддержания оживленной торговли было обеспечение бесперебойного функционирования торговых путей. В Золотой Орде безопасность купеческим караванам на дорогах обеспечивали специальные военные отряды. Была организована сеть караван-сараев, которые предоставляли безопасные стоянки, где купцы пополняли запасы воды и провизии. Путешественники и торговцы XIV-XV вв. описывали дороги Золотой Орды с восхищением: «Караваны обычно отправляются из Хорезма и движутся со своими телегами в Крым безопасно, без страха и тревоги, а путь этот длиной около трех месяцев» (Ибн-Арабшах). «Дорога в Китай совершенно безопасна как днем, так и ночью» (Пегалотти). Положение золотоордынских городов на пересечении Желтого Волжского пути с сухопутными караванными дорогами укрепляло статус государства и ханской администрации за счет налогов и заставляло поддерживать пути сообщения в хорошем состоянии. Вся система пришла в упадок к XVI в. вместе с упадком государства Золотой Орды.

Теми же путями пользовались гонцы и посольства, по ним шла доставка официальных почтовых отправок. Для них существовала система станций – ямов – со сменными лошадьми и запасами продовольствия и еды. Термин «ям» укоренился в русском языке для обозначения конной почтовой службы. Ямская повинность известна на Руси начиная с XIII в. В эту отдаленную эпоху уходит корнями характерное явление русской жизни – «птица-тройка» с колокольчиком и лихим ямщиком на козлах.

Необходимо отметить разницу между варягами и викингами. Варягами называли славянские племена, жившие по берегам Балтийского (Варяжского моря) и занимавшиеся морским разбоем.

Язык у них был построен на основе славянских наречий (кстати, пруссы – это тоже славяне, которые позже были покорены германскими племенами).

## Название дисциплины

Викинги – потомки германских племён, жившие в районах современной Норвегии, Швеции и Дании и тоже занимавшиеся морским разбоем. Язык их опирался на германские основы. Это были два принципиально разных народа.

Поэтому когда новгородцы не смогли договориться между собой, кого выбрать в князья, они пригласили Рюрика с братьями (как сейчас бы сказали внешнего управляющего). Это и понятно, Рюрик с братьями Синеусом и Трувором были почти славяне, кроме того, Рюрик был племянником князя Гостомысла, который правил новгородскими землями до упомянутой управленческой реформы.

Этот подход полностью выбивает почву из под русофобов, которые говорят, что славяне были ни на что не способны, и поэтому пригласили к себе в управление викингов ( а на самом деле варягов).

Корабли викингов и варягов были мелкосидящими, поэтому они довольно легко проходили по рекам (сейчас бы сказали, что это суда типа «река-море») и использовали путь «из варяг в греки» для своей экспансии в Чёрное и Средиземное моря, в Европу и за её пределы.

Установив контроль над рынками и торговыми путями, викинги стремились к власти. Действуя силой и хитростью, они контролировали прибыльную торговлю мехом, янтарем, продуктами, воском, тканями, вином. Вскоре одежду из пушнины стали носить султаны далеких империй, а викинги выторговывали за них драгоценные металлы.

К 12-му веку стали образовываться такие государства, как Норвегия, Дания, Швеция. Напор викингов стал уменьшаться, так как необходимо было сохранить свои пределы. Кроме того, необходимо отметить, что викинги приняли христианство по католическому образцу. Это тоже в определённой степени снизило их агрессивность (то же самое произошло и со славянами. С принятием Православия русские князья перестали делать набеги на Византию стали заниматься укреплением своих государственных образований. Византия, кроме того получила в их лице мощных союзников).

С уменьшением давления викингов и варягов на соседей резко оживилась торговля по Северному, Средиземному и Балтийским морям. Для успешной торговли средневековые города объединялись в союзы. Наиболее характерным был Ганзейский союз с центром в г. Любеке. В него входило около 170 городов Европы, включая русские – Новгород, Псков и Смоленск (это то,

Название дисциплины

что сейчас называют таможенными – союзами). Были разработаны торговые корабли типа когг – холь с большой грузоподъемностью и хорошими мореходными качествами (рис.П1.2.10). Эти суда господствовали на Балтике и Северных морях почти 300 лет.

Повышение качества парусных кораблей, развитие приборостроения и способов ориентирования в океане толкало предприимчивых и энергичных людей к длительным морским путешествиям. Для этих целей были созданы корабли типа каравеллы (рис.П1.2.11). С их помощью была открыта Северная и Южная Америка, впервые совершено кругосветное путешествие капитаном Магелланом (он прошёл через пролив, который был назван его именем из Атлантического океана в Тихий, сколько нужно было иметь мужества, чтобы плыть через пролив длиной 500 км, окружённый скалами, в штормовую погоду и не знать, что ждёт тебя впереди!).



Рис.П1.2.10. Торговый корабль типа когг – холь Ганзейского союза



Рис.П1.2.11. Парусный корабль для дальних путешествий и перевозки грузов типа каравелла – галион

Колонизация Америки прежде всего заключалась в ограблении испанцами её территории и жителей. Для вывоза огромного количества награбленных ценностей на базе каравелл были построены вместительные суда – галеоны. Из Америки в Испанию и обратно шли бесконечные караваны, нагруженные золотом, серебром, пряностями и другими колониальными товарами. Часть из них тонула, и поиск затонувших галеонов с сокровищами и сейчас будоражит умы современных кладоискателей, тем более что име-

ются и положительные результаты этих усилий.

Дальнейшее развитие транспортных судов связано с источниками энергии, появление парового двигателя привело к революционному изменению кораблей. Исчезла необходимость в парусах, суда могли плавать в любую погоду и в любом направлении, деревянный корпус был заменен металлическим, появились новые приборы для ориентирования в море.

В кораблестроении колесо уступает место гребному винту. Еще в ту пору, когда в судоходстве безраздельно господствовали весло и парус, люди пытались изобрести новый способ передвижения по воде. На римском барельефе 527 г. до н. э. изображена странная либурна (узкое длинное быстроходное судно), у которой три пары колес с лопастями, уходящими в воду. Три пары волов ходят по кругу и приводят их в движение. В Китае еще в 1161 г. была построена джонка длиной 110 м с гребными колесами, приводимыми в движение ветряками.

В сущности, своим появлением на свет пароход обязан гребным колесам, их применению в качестве движителя механизма, преобразовывающего работу двигателя (паровой машины) в поступательное движение судна.

В 1836 г. англичанин Джон Смит и швед Джон Эрикссон (переехавший в 1835 г. в США) возобновили попытки практического использования винтового движителя. В 1838 г. они создали гребные винты двух видов: червячноподобный и колесоподобный.

Несмотря на успех Смита и Эрикссона, оставалось еще много нерешенных проблем в проектировании, постройке и эксплуатации винтовых судов. Следовало разработать дейдвудное уплотнение для предотвращения течи без повреждения гребного вала, создать упорный подшипник для передачи силы упора от винта на корпус, повысить частоту вращения судовой паровой машины для реализации присущей гребному винту эффективности и найти способы отливки и обработки прочного металла для лопастей винта.

Название дисциплины

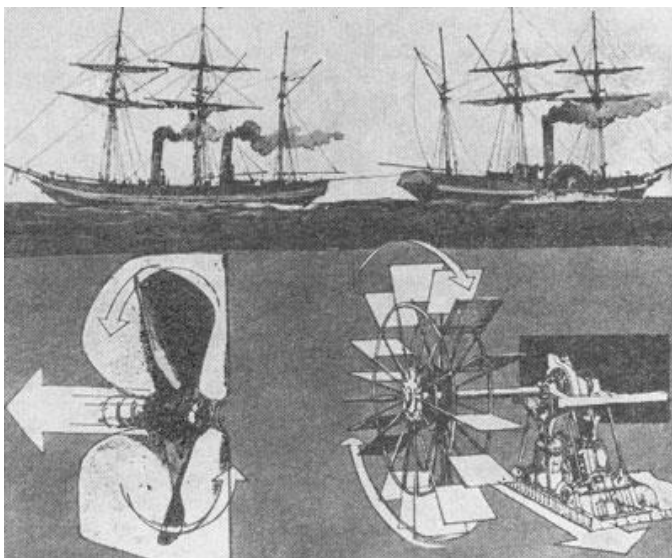


Рис.П1.2.12. «Перетягивание» винтового («Раттлер») и колесного («Алекто») пароходов

Соперничество колеса и винта было длительным. Но в 1843 г. этот спор был решен весьма просто, но окончательно: два английских судна «Раттлер» и «Алекто», винтовое и колесное с паровыми машинами одинаковой мощности, были счалены кормами и был дан ход. Винтовой «Раттлер» перетянул колесный «Алекто» и буксировал его со скоростью 2,5 уз. (рис.П1.2.12).

На океанском пароходе гребной винт был установлен впервые в 1843 г. Этим пароходом был английский «Грейт Бритн» длиной 98,1 м – первое винтовое судно из железа, пересекавшее Атлантический океан. Тогда же в США вошел в строй и первый в мире винтовой боевой корабль «Принстон» водоизмещением 950 т с машиной мощностью 400 л. с. Он был вооружен двумя 305-мм орудиями — самыми крупными для тех времен. Этот корабль был построен Джоном Эрикссоном первоначально с кормовым гребным колесом, который вскоре заменили на гребной винт. В октябре 1843 г. винтовой «Принстон» победил в проходившем в гавани Нью-Йорка соревновании с английским колесным пароходом «Грейт Вестерн» мощностью 750 л.с. (рис.П1.2.13).



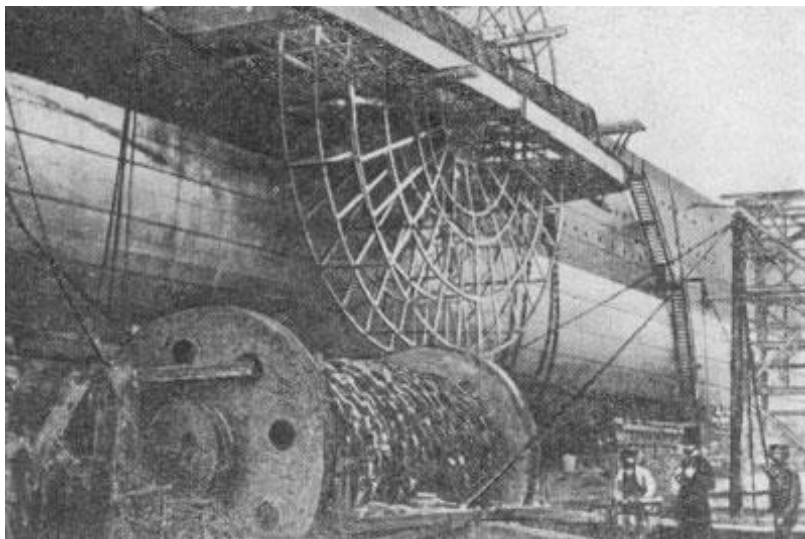


Рис.П1.2.13. Гребное колесо диаметром 17,1 м  
железного парохода «Грейт Вестерн»

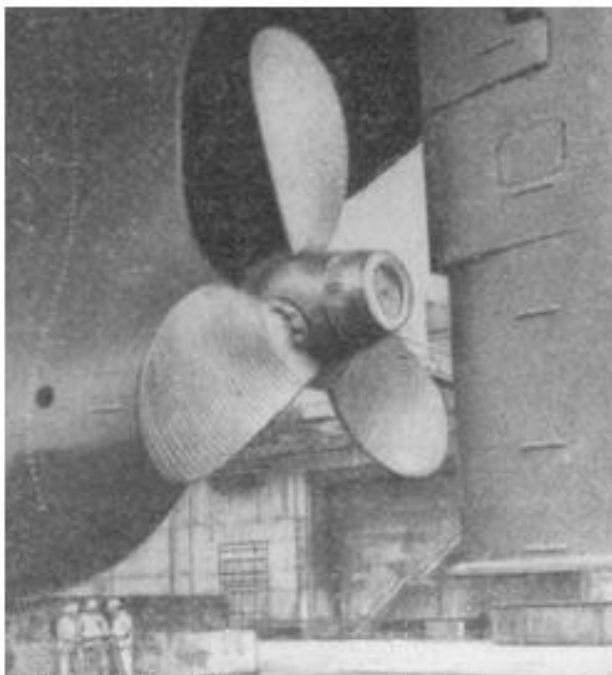
Эти победы произвели большое впечатление на судостроителей, и вскоре пароходы с гребными винтами начали энергично и решительно вытеснять колесные. Ведь основными недостатками гребных колес на морских судах была полная незащищенность их от поломок при сильном волнении и от повреждений при боевых действиях, чувствительность к изменению осадки, громоздкость, большая стоимость и трудность удержания на курсе при волнении и качке, так как в этом случае упор гребных колес разных бортов был неодинаков.

Несмотря на победу гребного винта, колесные пароходы еще долго, вплоть до 1875 г., плавали на трансатлантических линиях. Последним колесным рекордсменом в скоростном переходе через Атлантику был лайнер «Скотин», который удерживал этот титул с 1862 по 1867 г. Его лучшее время составляло 8 суток и 3 часа, что соответствует средней скорости 13,5 уз. При работе с гребным колесом был накоплен неоценимый опыт работы с судовой паровой машиной и вспомогательными механизмами, что впоследствии облегчило переход от паруса к механическому двигателю. Уже говорилось, что на железном гиганте «Грейт Вестерн» стояли огромные гребные колеса диаметром 17,1 м, превзойти размеры которых так и не удалось. На судне «Нью Уорлд», ходившем в 1850-х гг. по Гудзону, диаметр колес достигал 14 м. Та-

кие колеса были предметом гордости как владельцев судна, так и его пассажиров.

В настоящее время диаметр гребных винтов фиксированного шага достигает 11,0 м. Четырехлопастные винты такого диаметра и массой 69 т установлены на пяти танкерах типа «Винд экскорт» водоизмещением 370 тыс. т с энергетической установкой мощностью 18,4 тыс. кВт.

Гребные винты регулируемого шага, появившиеся несколько позднее, чем обычные, в своем развитии достигли таких же размеров. Один из подобных винтов установлен на японском углерудовозе «Хоей мару» дедвейтом 209 тыс. т. Этот трехлопастный винт массой 76 т (масса лопастей по 11 т) приводится во вращение с частотой 45 об/мин через редуктор от малооборотного дизеля мощностью 11,4 тыс. кВт (рис.П1.2.14).



**Рис П1.2.14. Кормовая оконечность углерудовоза «Хоей мару» дедвейтом 209 тыс. т с винтом регулируемого шага диаметром 11 м (1983 г.)**

Название дисциплины



Рис.П1.2.15. Перевозка зерна на баржах по реке Дон



Рис.П1.2.16. Корабль-зерновоз в порту терминала

Следующим шагом стала замена паровых двигателей на двигатели внутреннего сгорания и турбины. Началась специализация судов. Условно их можно разделить на две большие группы: корабли для перевоза сухих грузов и жидких. В каждом классе имеется своя градация. Например, появились корабли для перевозки сыпучих грузов, и в частности зерна (рис.П1.2.15, П1.2.16).

Сухопутные дороги и сухопутный транспорт. Они начинали осваиваться людьми еще в эпоху мезолита. Позже, в неолите (VIII-V тыс. до н.э.), существовали наземные пути, по которым происходил между племенами на расстоянии порой до многих сотен километров обмен ценными видами сырья (кремень, обсидиан, лазурит, малахит, морские раковины, слоновая кость). Это были тропы, привязанные к естественному рельефу – речным долинам, горным проходам; от них не осталось вещественных следов, но эти древние пути реконструируются по археологическим находкам из расположенных вдоль них поселений. Древнейшим сухопутным транспортным средством служили вьючные животные – ослы-онагры, одомашненные в Передней Азии к IV тыс. до н.э. На заснеженных равнинах Восточной Европы приблизительно в это же время неолитическими племенами были изобретены легкие деревянные сани-нарты с собачьей упряжкой. Детали таких саней сохранились в торфяниках Приуралья и Прибалтики. Сани состояли из плоских загнутых спереди кверху полозьев, в них вставлялся ряд вертикальных стоячков, на которых крепилась

Название дисциплины

платформа для груза. Существовали сани нескольких разновидностей, в частности, с одним полозом типа тобогана (рис.П1.2.17).

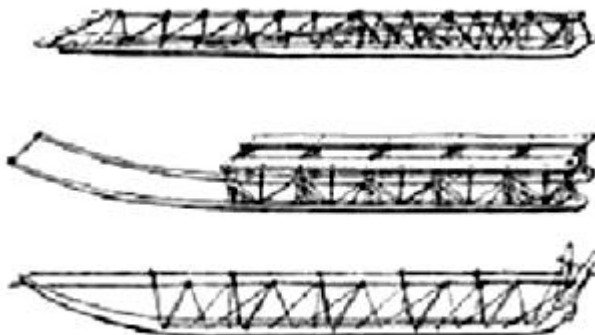


Рис.П1.2.17 Древние сани-нарты

Революция в развитии наземного транспорта связана с изобретением колеса. По данным археологии, вначале в VI тыс. до н.э. в Месопотамии появился гончарный круг, а надежные свидетельства существования колесной повозки относятся к IV тыс. до н.э. Тягловыми животными служили онагры и быки. Сохранились изображения древнейших телег на расписных сосудах. Повозки употреблялись в основном для военных целей, позволяя развивать неизвестную до тех пор скорость передвижений. Они являлись большой ценностью и знаком высокого социального ранга владельца. Остатки таких повозок вместе с костяками упряжных быков и возниц были найдены в погребениях богатейших царских захоронений в Центральной Анатолии (могильник Аладжа Хейюк, середина III тыс. до н.э.). В музее Метрополитен (США) хранится бронзовая модель боевой колесницы из Восточной Анатолии, датируемая рубежом III и II тыс. до н.э. Из древнейшего очага цивилизации, которым была Передняя Азия, культурные достижения двумя потоками распространялись в Европу – через Балканы и Кавказ в степное Причерноморье. На рубеже IV и III тыс. до н.э., в период раннего бронзового века, здесь также уже существовали четырехколесные повозки (рис.П1.2.18, П1.2.19). Дороги этого времени неизвестны, тем не менее, мы можем судить, где пролегли пути распространения культурных достижений. Существует древняя «карта», на которой достаточно узнаваемо обозначен путь с юга, из Восточной Анатолии или Северной Месопотамии, на Северный Кавказ. Это чеканное изображение на серебряном

Название дисциплины

сосуде из кургана у г. Майкоп, где в конце XIX в. было обнаружено богатое захоронение вождя (рубеж IV и III тыс. до н. э.). Обозначен протяженный горный массив с двуглавой вершиной в центре и две реки. Вообще пейзаж – исключительно редкое явление в раннем искусстве, он не случайно нанесен на драгоценный сосуд. Горы идентифицируются с Большим Кавказским хребтом с горами Эльбрус и Ушба в центре, а реки – это Кубань и Ингури, обе впадающие в Черное море (рис.П1.2.20).

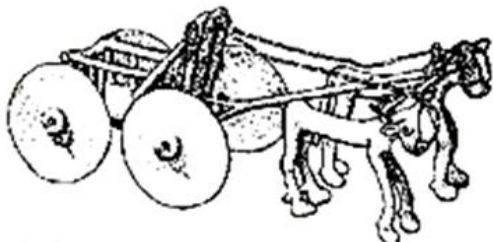


Рис.П1.2.18. Колесная повозка Месопотамии

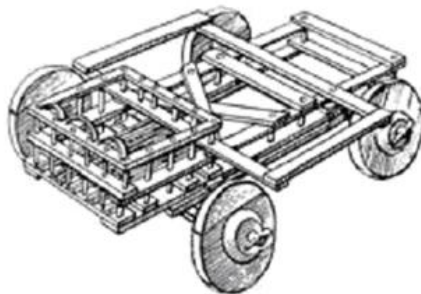


Рис.П1.2.19. Четырехколесная повозка

В степном Причерноморье в эпоху раннего бронзового века (III тыс. до н.э.) повозки получили широкое распространение. Современная методика раскопок курганов позволила зафиксировать многочисленные случаи помещения повозок в погребальные камеры. Такие находки известны в степях Восточной Европы: в Прикубанье (курганы у станиц Лебеди, хутора Остатний и др.), в Калмыкии, на Нижнем Дону. Оси повозок были неподвижными. Колеса по-прежнему изготовляли из трех толстых досок, в центре была выступающая массивная ступица. Конструкция кузова была гораздо более сложной, чем у первых ближневосточных телег: основой служила рама из массивных продольных брусьев и более легких поперечных

Название дисциплины



Рис.П1.2.20 Древнейшее изображение Кавказских гор и рек  
(4-3 тыс. до н.э.)



Рис.П1.2.21 Войлочная кибитка  
кочевников, устанавливаемая  
на повозку

На раму с помощью многочисленных вертикальных стоячков крепились доски настила, иногда несколько ярусов, чем достигалась легкость и одновременно прочность конструкции. Впереди на платформе было устроено специальное место для возницы с перилами по краям, задняя часть повозки предназначалась для груза. Дышло изготовляли из раздвоенного древесного ствола, его развилка крепилась к бортам кузова, что делало повозку маломаневренной при поворотах. К переднему концу крепилось ярмо для пары быков. Кузов и колеса повозки иногда сохраняют следы раскраски красной и черной красками. Размеры кузова составляют в среднем 1,2 на 2,6 м, диаметр колес – около 70 см, ширина колеи – около 1,5 м.

Племена, оставившие эти курганы, были скотоводами и вели подвижный образ жизни, совершая сезонные перекочевки вместе со своими стадами. Поселений со стационарными домами у них не существовало. На повозках, скорее всего, устанавливали конструкции типа кибиток, состоявшие из легкого деревянного каркаса, покрытого войлоком. Замечательная находка из кургана Чограй на Ставрополье, изображающая такое жилище, относится к несколько более позднему времени (II тыс. до н.э.) (рис.П1.2.21). Это глиняная модель (возможно, игрушка), колеса у нее отсутствуют, но детально показан высокий кузов с куполообразным верхом и тремя округлыми окнами впереди и по бокам. В нижней части стенок имеются маленькие отверстия, которые служили для крепления кибитки к платформе телеги с помощью ремней или веревок. Перед нами – типичное жилище степного кочевника. Стенки кибитки украшены зигзагообразным и линейным орнаментом, который передает узорчатый войлок или кошму.

Строительство дорог начинается с возникновением

государства. До нас дошла древнейшая дорога, обнаруженная в Египте, она проложена к месту возведения пирамиды фараона Сахары (III тыс. до н.э.) (рис.П1.2.22). Полотно дороги шириной около 4 м сооружено из уложенных поперечно каменных блоков. Его средняя часть сильно изношена: по нему на массивных санях-волокушах, запряженных быками, транспортировали многотонные каменные блоки. Эти сцены подробно изображены на росписях внутри пирамид. В частности, показано, как дорогу поливают водой, чтобы уменьшить трение полозьев.



Рис.П1.2.22. Древнейшая египетская дорога

Во II тыс. до н.э. была одомашнена лошадь, ставшая затем основным тягловым животным. В это время появляются двухколесные боевые колесницы, с которыми связано распространение народов, принадлежащих к индоевропейской языковой семье. Замечательной находкой стало открытие могильника Синташта на южном Урале. Здесь в погребальных камерах под курганами были обнаружены боевые колесницы сложной конструкции. Они имели два колеса с 8-10 деревянными спицами и квадратный в плане дощатый кузов размером в среднем 1,2 на 0,9 м, открытый сзади. Дышло было изогнутым, к нему крепилось ярмо, рассчитанное на двух лошадей (их костяки также обнаружены в захоронениях). Ось соединялась с дышлом оригинальным способом – с помощью брусьев-держателей, помещенных снаружи по сторонам кузова. Небольшие размеры (ширина колеи 1,2 м), легкость и мобильность делали эти колесницы превосходным транспортом военного назначения, который позволял племенам ариев быстро преодолевать огромные расстояния в полосе евразийских степей и лесостепей.

## Название дисциплины

Как и на Ближнем Востоке, они служили знаком высокого социального статуса погребенных в курганах воинов.

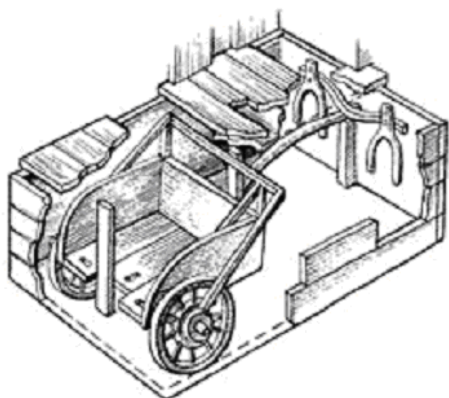
Древние государства периода античности уделяли внимание строительству дорог и их безопасности. Обязанностью каждого из многочисленных государств древней Греции была постройка дорог. Дороги стандартной ширины (ок. 3 м) прокладывали по каменистой почве, высекая целые участки в скалах. Дороги считались столь же неприкосновенными, как и храмы. В «Истории» Геродота описана царская дорога, проложенная персидскими властителями в VI в. до н.э. от города Сарды на западе Малой Азии к Сузам в юго-западном Иране. Ее протяженность составляла ок. 2400 км. Через равные промежутки были построены станции с постоянными дворами, а в стратегических пунктах, таких, как речные переправы, находились воинские посты и укрепленные ворота.

В Северном Причерноморье, на территории современных России и Украины, существовали многочисленные древнегреческие города. Их жители владели технологией дорожного строительства, о чем можно судить по открытым археологами мощным городским улицам (города Пантикапей – современная Керчь, Горгиппия – Анапа, Фанагория и Гермонасса на Таманском полуострове и др.). Улицы мостили каменными плитами, положенными насухо без раствора, переулки – щебнем и черепками разбитых сосудов. Вдоль улиц пролегли облицованные камнем водостоки и водопроводы, на перекрестках устраивали колодцы, также облицованные каменными плитами. Грузовым транспортом служили телеги со сплошными колесами из массивных досок и бычьей упряжкой, знать и воины передвигались в легких двухколесных колесницах, запряженных парой (бига) или четверкой (квадрига) коней. Существуют многочисленные изображения греческих повозок и колесниц: на стене склепа Деметры в Керчи, на расписных сосудах с сюжетами военных сцен и спортивных состязаний (II-I вв. до н.э.). Особенно любили древнегреческие художники изображать героев Гомера и сцены Троянской войны (рис. П1.2.23). Легкие боевые колесницы имели изогнутое дышло, два колеса с 6-8 спицами. Колеса были небольшими, что делало всю конструкцию более устойчивой при поворотах. Коней запрягали в мягкое кожаное ярмо. Открытый сзади кузов имел поручни, за которые воин мог держаться во время быстрого движения. Кузов делали плетеным из ивовых прутьев, более тяжелые корпуса изготавливались из досок, те и другие укрепляли и украшали бронзовыми накладными бляхами.



Название дисциплины

Обычно боевая колесница была рассчитана на двух человек: воина и возницу. Управление боевой повозкой считалось высоким искусством, программа Олимпийских игр включала состязания колесниц.



1)



2)

Рис.П1.2.23. Греческая боевая колесница: 1 – устройство; 2 – герой на колеснице

Высочайшим достижением в области транспортных систем древности стали римские дороги. Дороги прославили Древний Рим. Дороги — это торговые пути, пути сообщения, которые способствовали развитию Древнего Рима, его культуры и цивилизации. По ним перевозили награбленную в завоеванных странах добычу, перегоняли тысячи рабов.

В начале II в. во времена Траяна существовало уже около 100 тыс. километров государственных дорог, преимущественно с твердым покрытием. Они были хорошо обустроены и содержались в отличном эксплуатационном состоянии. На основных дорогах Рима через каждую римскую милю (примерно 1,5 км) устанавливались дорожные знаки. Предусматривались станционные дома-гостиницы и ремонтные службы. Все это способствовало их большой пропускной способности. Так, по свидетельству современников, император Август мог в течение светового дня проезжать по римским дорогам 185 км, а Тиберий за сутки покрывал расстояние в 350 км. При четкой работе всех служб и быстрой смене лошадей в среднем удавалось проезжать до 300 км в день.

Дороги в первую очередь служили для переброски воинских подразделений. Римская империя была очень большая, очень

## Название дисциплины

неоднородная из-за включения в нее покоренных территорий. Поэтому в различных местах империи постоянно возникали очаги напряженности, и для их ликвидации по дорогам отправляли войска «быстрого реагирования». Для этих целей использовался и флот. Например, в Меотическом (Азовском) море построено находилась эскадра из трех трирем, а на берегу были расквартированы 2-3 легиона. При возникновении критических ситуаций в городах-полисах Черного и Азовского морей войска доставлялись морем, поскольку дорог в этом районе не было.

Вероятно, большинство дорог Древнего Рима строилось в соответствии с требованиями первых «технических условий», так называемых «12 таблиц», разработанных еще в 450 г. до н. э. Согласно этому документу, дороги по ширине делились на следующие части (полосы): семита (*semita*), или пешеходная полоса, шириной 30 см, итер (*iter*) – полоса для всадников и пешеходов шириной не более 92 см; актус (*aktus*) – полоса для одноупряжных повозок и экипажей шириной 122 см и двухполосная виа – (*via*) – основная проезжая часть шириной около 244 см. Таким образом, если считать, что семита, итер и актус проходили с обеих сторон дороги, то общая их ширина с учетом двойной виа составляла, приблизительно от 7 до 10 м. В более поздние времена империи этим размерам перестали строго следовать.

Первой стратегической дорогой римлян считалась Аппиева, проложенная в 312 г. до н. э. цензором Аппием Клавдием Крассом. Это была наиболее широкая мощеная дорога, соединившая Рим с Капуей. Именно вдоль нее были распряты на крестах 6 тыс. рабов, восставших под предводительством Спартака. Длина Аппиевой дороги составляла 540 км, а ширина 7-8 м. Как и большинство крупных дорог Древнего Рима, она, невзирая на рельеф местности, была на большей части прямая, как луч. Аналогичной была «виа Фламиния» – Великая Северная дорога, построенная приблизительно в 220 г. до н. э. Это была, пожалуй, самая длинная по протяженности дорога, которая шла от Рима к северу Италии через Альпы и далее – по берегу Адриатического моря в Византию. Считается, что до конца I в. до н. э. почти весь Итальянский полуостров был пересечен дорогами, ведущими в Рим.

В то время в римских городах была распространена прямоугольная координатная сетка расположения домов с длинными и прямыми улицами. Это не значит, что все улицы были такие. Внутри кварталов улицы, наоборот, были узкими и

Название дисциплины

кривыми, но главные улицы отличались от них. Они нередко имели ширину 12 м, а в отдельных городах, как, например, в Кельне, расстояние между фронтонами зданий достигало 32 м. Основная дорога там с учетом тротуаров имела ширину 22 м, а без учета тротуаров – 11-14 м.

В пределах города на дорогах обязательно устраивался тротуар шириной от 0,5 до 2,4 м, который отделялся от проезжей части бордюрным камнем высотой около 45 см. Основание таких дорог обычно дренировалось при помощи специальных водостоков и кюветов, а их поверхность всегда была приподнята над уровнем земли и имела небольшой уклон к периферии. Общая ширина римских дорог составляла от 80 до 130 см, хотя отдельные из них достигали 240 см. Как правило, дороги были многослойными, из четырех-пяти слоев, со средними слоями из бетона. Нижний слой многих дорог представлял собой основание из каменных плит толщиной 20—30 см, которые укладывались на хорошо уплотненное земляное полотно через растворную стяжку, с последующим выравниванием их песком. Второй слой толщиной 23 см состоял из бетона (битого камня, уложенного в раствор). Третий слой толщиной тоже 23 см был из мелкогравийного бетона. Оба бетонных слоя тщательно утрамбовывались. Это была самая сложная и изнуряющая часть работы, которую выполняли в основном рабы и иногда воинские подразделения. Последний, верхний слой дороги покрывался большими каменными блоками площадью 0,6-0,9 м<sup>2</sup> толщиной около 13 см. Считается, что большая часть Аппиевой дороги сооружена именно так.

Французский инженер М. Флере еще в начале XIX в. описал устройство римской дороги с гравийным покрытием. Грунт, по его сведениям, вырывался на глубину до четырех футов (120 см), после чего дно траншеи тщательно уплотнялось окованными деревянными трамбовками. На дно заливалась известково-песчаная постель толщиной в один дюйм (2,5 см), на которую укладывался слой плоских широких камней. Поверх этих камней снова заливали слой раствора и хорошо уплотняли. Следующий слой толщиной 9-10 дюймов (23-25 см) состоял из бетона, где крупным заполнителем были камни булыжника и гравия. Помимо них использовали также черепицу и каменные обломки разрушенных зданий. Выше этого слоя укладывался новый слой бетона на более мелких камнях, толщина которого составляла около одного фута (30 см). Последний, верхний, слой толщиной три-три с половиной фута

## Название дисциплины

(90-105 см) состоял из крупного гравия или щебня, который особенно тщательно утрамбовывался в течение нескольких дней.

Более дешевые дороги состояли из каменной засыпки толщиной 13 см, перемешанного слоя грунта, известняка и песка толщиной 46 см, слоя уплотненного грунта толщиной около 46 см и верхнего слоя из булыжника и битого камня.

В римских дорогах была тщательно продуманная система дренажа, поэтому толстая масса бетона при отрицательных температурах не растрескивалась. Дорожное покрытие не имело температурных швов и было пригодным в основном для мягкого итальянского климата. В северных провинциях Римской империи уже можно было наблюдать трещинообразование, поэтому в более поздний период империи римляне почти прекратили строить дороги с применением бетона.

Трасса римских дорог размечалась с помощью двух параллельно натянутых веревок, которые определяли ее ширину. Прямолинейность обеспечивалась с помощью прибора «грома», хотя чаще для этой цели пользовались более простым, но эффективным способом — с помощью дыма от далеко расположенного костра и какой-либо промежуточной точки.

На строительство дорог сгонялось большое количество рабов. Привлекались также воинские части и свободное население. Громадный объем каменных материалов добывался и перерабатывался вручную.

Большинство римских дорог эксплуатировалось еще в XIX в., а отдельные сохранились до наших дней. Интересно, что римлянам был известен природный асфальт и даже в сочетании с песком и битым камнем, но они не использовали его для верхнего покрытия дорог.

Таким образом, можно отметить достаточно мощную и прочную одежду дорог Древнего Рима, составлявшую от 0,8 до 1,3 м, а в отдельных случаях до 2,4 м. По современным понятиям, дороги такого типа выполнены с чрезмерным запасом прочности. Одним из основных достоинств римских дорог является их большая долговечность, доказательством чего служит хорошее состояние отдельных из них в наше время. Например, ремонт римских дорог в Испании проводился не чаще, чем один раз в 70-100 лет.

Крушение Римской империи в IV в. н.э. под ударами варварских племен и наступление периода Средневековья означало утрату многих достижений цивилизации, в том числе разрушение сети дорог.

## Название дисциплины

В средневековом древнерусском государстве княжеская администрация заботилась о состоянии сухопутных дорог, одной из ее задач было наведение гатей в болотистых местах. Древнейшая Лаврентьевская летопись приводит повеление великого князя киевского Владимира Святого (X в.): «Требите путь и мостите мост» (расчищайте дорогу и мостите настил), а «Слово о полку Игореве» (XII в.) рисует картину победного шествия русского войска, бросающего под ноги коням в виде гати добытые в бою драгоценные ткани.

Основными видами сухопутного транспорта в древней Руси были сани и колесные повозки. Их выбор был обусловлен не столько уровнем развития техники и возможностями инженерных решений, сколько состоянием путей сообщения. В Северной Руси наиболее распространенным видом конной повозки были сани. На них в условиях труднопроходимых, часто заболоченных дорог ездили практически круглый год. Сани княгини Ольги упоминаются в Повести временных лет под 947 г., интересно, что они хранились в средневековом Пскове как реликвия. Колесные телеги шире применялись в южнорусских землях. Стратегические противники русских князей – печенеги и половцы – кочевали по степи в «вежах» – телегах с установленными на них войлочными кибитками, подобными скифским.

В целом в Древней Руси дорог было мало, они были грунтовыми и слабо обустроенными. Лучше обстояло дело с городскими улицами. В лесистых землях их мостили деревом. Княжеская и городская администрация следила за состоянием мостовых: до нас дошли специальные документы, регламентирующие порядок их строительства и ремонта, включая заготовку леса и его доставку. Эти обязанности разверстывались среди городского населения и жителей пригородных сел, которые отвечали за мощение и ремонт закрепленных за ними участков. Это «Урок мостников» в составе древнейшего русского сборника законов – «Русской Правды» (1072 г.) и «Устав князя Ярослава о мостех» (мостовых), записанный в 1265-1266 гг.

Крупные улицы и рыночные площади северорусских городов были снабжены инженерными сооружениями. Вдоль них во влажной почве прокладывали дренажные системы, предназначенные для отвода подземных вод. Они состояли из вкопанных в землю водосборников в виде бочек и маленьких бревенчатых срубов-колодцев, покрытых берестой и бревнами, и врезанных в них деревянных труб, одни из которых служили для сбора воды в накопитель, а другие, большего диаметра – для

сброса ее в реку или ручей. Трубы сооружали из продольно расколотых и выдолбленных бревен диаметром 40 – 60 см, внутренний диаметр трубы достигал 20 см. Продольные срезы бревен были не горизонтальными, а уступчатыми, что предотвращало скольжение двух половин трубы друг относительно друга. Швы конструкций уплотняли берестяными прокладками (рис.П1.2.24).

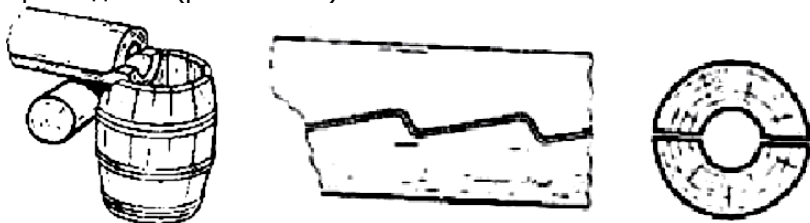


Рис.П1.2.24. Дренажные элементы древнерусских мостовых

Кроме саней и телег для перевозки грузов (в частности, бревен) применялись волокуши. Оглобли волокуш делали из дерева с комлем; в задней комлевой части, использовавшейся как полоз, они загнуты вверх. На эти оглобли с помощью пазов надевали поперечный брус, к которому крепили груз (рис.П1.2.25).

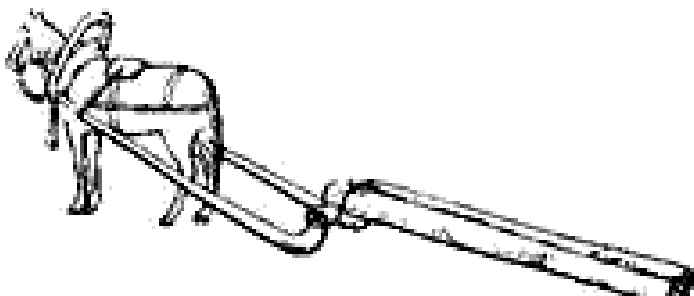


Рис.П1.2.25. Волокуша для транспортировки бревен

Телеги хуже известны по археологическим материалам. В Новгороде и Берестье найдено всего несколько колес, они относятся с XI-XII вв. Диаметр новгородского колеса большой, около 85 см, обод изготовлен из цельного гнутого дубового бруса, спиц девять, они также дубовые. В ободе и ступице выдолблены гнезда для спиц, в которых они были дополнительно укреплены клиньями. Ступица представляет собой массивную точеную на токарном станке болванку с центральным отверстием для оси

## Название дисциплины

диаметром 6 см и гнездами для спиц. Конструкция колеса технически совершенна и не отличается от лучших образцов тележных колес XIX в.

Относительно новым видом транспорта для перевозок грузов, в том числе и для монтажных работ являются железные дороги. Их появление связано с созданием отработанной конструкции парового двигателя.

Вполне естественная мысль приспособить паровой двигатель для передвижения колесных экипажей была реализована в 1802 г. англичанином Р.Тревиком. Необходимость совмещения в одной машине парового котла и парового двигателя делала экипаж тяжелым, а существовавшие тогда дороги не выдерживали такой вес.

Альтернативной дорогой для таких экипажей оказалась рельсовая. Такие пути применялись во всех странах. На рудниках Алтая был построен узкоколейный путь с деревянными рельсами, по которым двигались вагонетки. С 1801 года в Англии эксплуатировалась дорога на конной тяге с железными рельсами для перевозки пассажиров.

Настоящее развитие железные дороги получили только с созданием надежного и эффективного паровоза англичанином Г.Стефенсоном в 1812 году (рис.П1.2.26).

В течение 1812-1829 гг. он не только предложил несколько удачных конструкций паровозов, но и сумел убедить шахтовладельцев построить первую железную дорогу из Дарлингтона к Стоктому, способную выдержать паровоз. Позднее паровоз Стефенсона «Ракета» выиграл специально устроенное соревнование и стал основным локомотивом первой общественной дороги Манчестер – Ливерпуль .



## Название дисциплины

Рис.П1.2.26. Паровоз Г.Стефенсона «Ракета»      Рис.П1.2.27. Модель паровоза Черепановых, хранящаяся в музее железнодорожного транспорта в Санкт-Петербурге

В России же паровыми машинами занимались отец и сын Черепановы, Ефим Алексеевич (1774-1842) и его сын Мирон Ефимович (1803-1849). Вершиной творчества Черепановых явилось создание первых в России паровоза и железной дороги. Работа эта началась в 1833 году, а в 1834 были проведены первые испытания.

Основу паровоза составляет горизонтально расположенный котел цилиндрической формы длиной 1,7 м диаметром 0,9 м, имевший 80 дымогарных трубок. Два паровых цилиндра также располагались горизонтально. Первый паровоз Черепановых, или как его тогда называли «сухопутный пароход», перевозил состав весом более 3 т со скоростью около 15 км/час. Состав включал фургон, или тендер, для хранения топлива и воды и «приличную повозку для всякой поклажи и пассажиров, в числе 40 человек». Рельсы, выполненные из чугуна, имели в длину 2 м и укреплялись впритык на металлических подставках, располагавшихся на шпалах. Ширина колеи составляла 1645 мм (рис.П1.2.27).

Осенью 1834 г. началась постройка второго паровоза. Он был более мощным, чем первый, и мог перевозить до 16 т груза. По специально построенной от Медного рудника к Выйскому заводу чугунной дороге перевозились медная руда и подрудок. Во время посещения Нижнего Тагила в 1837 г. будущий император Александр II с нескрываемым интересом ознакомился с «диковинной машинной премудростью Черепановых» (рис.П1.2.28).



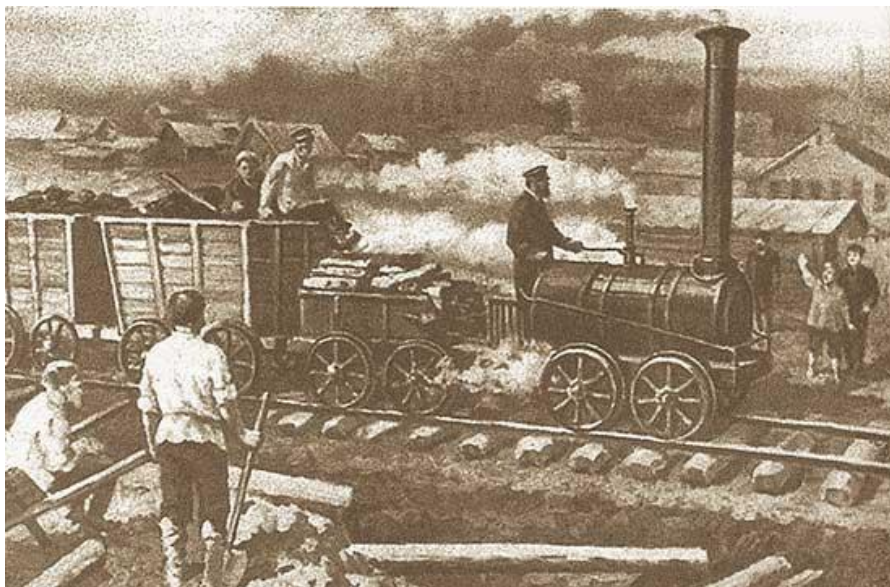


Рис.П1.2.28. Первая русская железная дорога (с картины художника Владимирова, 1865)

К сожалению, когда в 1837 году под Петербургом началось строительство железной дороги до г. Павловска (27,5 км), опыт Черепановых не был использован, и (как часто это делалось и делается в России) подряд был отдан англичанам, хотя Нижнетагильская железная дорога уже работала два года.

Во второй половине 1880-х годов XIX века был достигнут наивысший уровень прироста мировой железнодорожной сети в истории. За десять лет, с 1880 по 1890 г., железнодорожная сеть выросла на 245 тыс. км., достигнув 617,3 тыс. км. По темпам и абсолютному приросту железных дорог впереди шли США, где гигантский размах железнодорожного строительства стимулировал интенсивный рост промышленного производства.

Было создано много типов паровозов с различной силой тяги и вагонов общего специального назначения для перевозки различных грузов.

Паровозы были первым и долгое время господствующим типом локомотивов, сыграв таким образом огромную роль в становлении железнодорожного сообщения (рис.П1.2.29). Лишь начиная с середины XX столетия их вытеснили тепловозы и электровозы. Однако паровозы всё ещё активно используются в некоторых странах, например в Китае, на Кубе и в Таиланде.

Название дисциплины

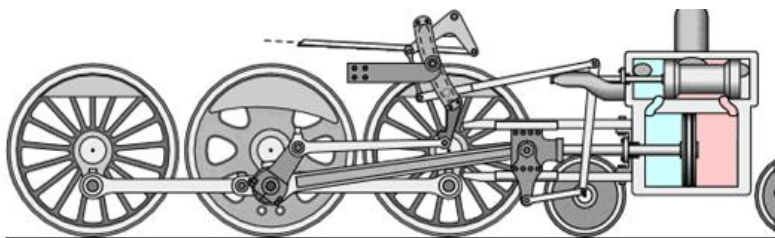


Рис. П1.2.29. Схема привода колес паровоза

Паровозы подразделяются:

По ширине колеи:

- ширококолейные, в России с колеёй 1524 мм;
- узкоколейные, в России с колеёй 1000, 900 и 750 мм.

По роду обслуживаемых дорог:

- магистральные;
- промышленные;
- подъездные.

По роду обслуживаемых поездов:

- пассажирские;
- грузовые.

По роду службы:

- поездные;
- маневровые.

По расположению цилиндров:

- паровоз с наружными цилиндрами (снаружи рам);
- паровоз с внутренними цилиндрами.

По роду пара:

- паровозы с насыщенным паром (выпускались до 1900-х годов);

- паровозы с перегретым паром.

Тип, или осевая формула паровоза, обозначается тремя цифрами: первая — количество бегунковых осей (передняя тележка), вторая — количество движущих («цепных») осей, третья — количество поддерживающих осей (под будкой и топкой). В англоязычной литературе формула указывается по количеству колёс, а не осей — тогда для получения привычного обозначения все цифры надо разделить на два. Особый интерес с точки зрения механики представляет привод колес паровоза.

В России исторически сложилось так, что серии железнодорожной техники до середины XX века обозначались буквами русского алфавита с указанием модификации в виде индексов, например, П, Ж, НВ. Часто буква совпадала с первой буквой названия завода, где серия разрабатывалась, или именем

Название дисциплины

конструктора (рис.П1.2.30, П1.2.31). Исключением были некоторые советские паровозы, обозначавшиеся инициалами политических деятелей: ИС — Иосиф Сталин, ФД — Феликс Дзержинский и т. д. В дальнейшем произошел переход к унифицированным обозначениям: буквы (тип) + цифра (номер модификации).

В частности, для перевоза зерна и других сыпучих грузов были разработаны вагоны «Хопер» с нижней разгрузкой.



1)



2)



3)



4)

Рис.П1.2.30. Типы паровозов: 1 – серии Б(1910); 2 – серия Н<sup>В</sup> (1925); 3 – серия С<sup>У</sup> -250-64 (1940); 4 – американская серия Climax -250-64 (1920)



Рис.П1.2.31. Вагон типа «Хопер»

Основным недостатком паровозов любых типов и мощности является низкий коэффициент полезного действия (наибольший – 12%, средний – 10%). Естественно, что изучались и альтернативные тяговые устройства для железных дорог. Наиболее эффективным на данный момент времени является электровоз. Поэтому во всем мире осуществляется электрификация железных дорог. В настоящее время общая протяженность электрических железных дорог во всем мире достигла 200 тыс. км, что составляет примерно 20 % общей их длины. Это, как правило, наиболее грузонапряженные линии, горные участки с крутыми подъемами и многочисленными кривыми участками пути, пригородные узлы больших городов с интенсивным движением электропоездов. Но, конечно, ученые и конструкторы на этом не останавливаются.

### **1.3. Материально-техническая и хозяйственная подготовка монтажных работ**

Материально-техническая и хозяйственная подготовка монтажных работ заключается в подготовке и комплектации: грузоподъемного оборудования, монтажных изделий, оснастки и инструмента, материалов, в изготовлении части металлоконструкции своими силами, контроле комплектности технического оборудования (ТО).

Инженерную часть работы осуществляет группа комплектации Управления подготовки производств. Анализируя спецификацию проекта, ее инженеры устанавливают:

- перечень необходимого технологического оборудования для приемки от заказчика,
- перечень металлоконструкций, часть от заказчика, часть от монтажно-заготовительного участка по чертежам металлических конструкций, которые прорабатывает конструкторская группа управления подготовки производства;
- перечень изделий, которые необходимо смонтировать, но которые заказчиком не получены в комплекте с оборудованием: это трубопроводы, воздухопроводы и прочее; сотни наименований, особенно электрических коммуникаций;
- часть спецификаций изделий берется из проекта монтажа оборудования, который разрабатывает конструкторская группа,
- перечень изделий, имеющих на складах монтажных организаций;
- перечень изделий покупных – приобретается в других организациях,
- перечень инструментов и оснастки, которые разрабатываются на основе технологических карт.

Все эти перечни анализируются, разрабатываются ведомости материалов и услуг от генподрядчика, перечень изделий и материалов, изготавливаемых своими силами в монтажно-заготовительном участке, перечень покупных изделий. Эти ведомости являются программой работ для других отделов: бухгалтерии, отдела снабжения, генподрядчика, материально-заготовительного участка.

### **1.3.1. Комплектация материалов и заготовок**

При производстве монтажных работ используют различные материалы (рис.1.3.1). Наибольшую группу составляют материалы, выполненные на основе сплавов железа (рис.1.3.2).

Название дисциплины



Рис.1.3.1. Основные материалы, применяемые при монтажных работах

Название дисциплины

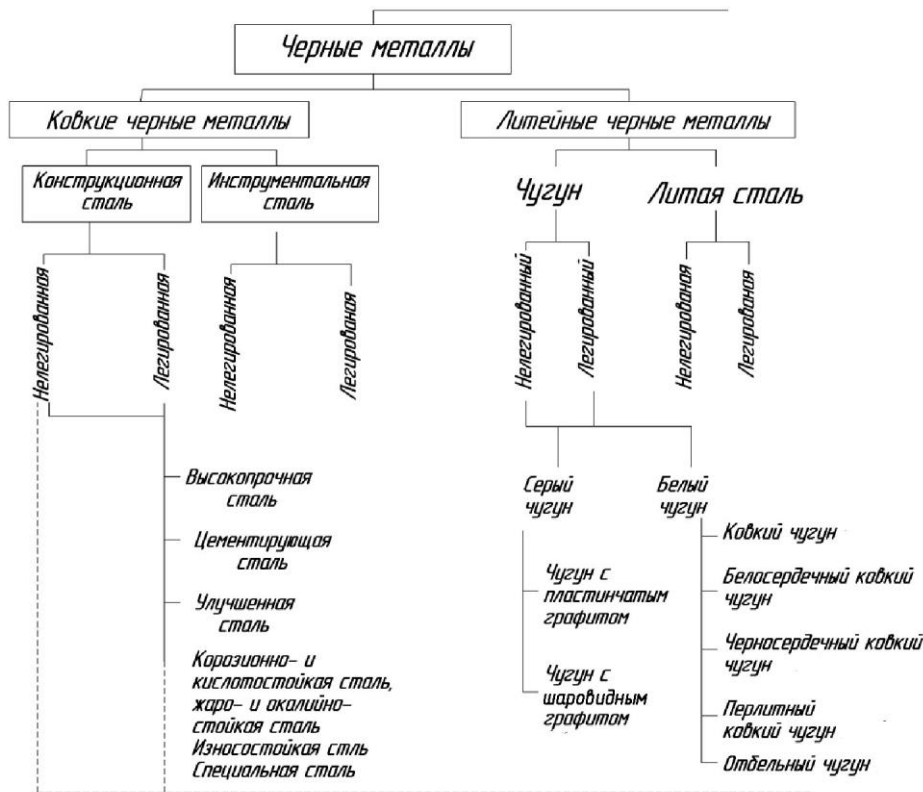


Рис.1.3.2. Классификация материалов, изготовленных на основе сплавов железа

При монтаже оборудования и изготовлении металлоконструкций применяют преимущественно углеродистую сталь обыкновенного качества (ГОСТ 580-85).

В зависимости от назначения ее подразделяют на три группы: А – поставляемую по механическим свойствам; Б – по химическому составу; В – по механическим свойствам и химическому составу. По нормируемым показателям сталь каждой группы подразделяют на категории: группа А – 1; 2; 3; группа Б – 1; 2; группа В – 1...6. Сталь углеродистую обыкновенного качества изготавливают следующих марок: группа А – Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6; группа Б – БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6; группа В – ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Для обозначения степени раскисления к марке стали добавляют индексы: кп – кипящая,

## Название дисциплины

пс – полуспокойная, сп – спокойная; например, СтЗкп, СтЗпс, ВСтЗсп и т.п. Для обозначения полуспокойной стали с повышенным содержанием марганца после номера категории ставят букву Г, например СтЗГпс, ВСтЗГпс и т.д.

По требованию к испытанию механических свойств сталь делят на категории 1, 2, 3, 4 и 5. Для ее обозначения к марке добавляют в конце номер соответствующей категории, например ВСтЗпс2, ВСт4пс3 и т. п. Первую категорию в обозначении марок не ставят.

При заказах на сортовой металл необходимо руководствоваться кодами номенклатуры чёрных металлов. Для монтажных работ заказывают сталь по видам:

швеллеры и балки всех номеров; код по ОКП 092500;

крупносортная сталь. Сталь обыкновенного качества, круглая 032-250 мм, квадратная 36-120 мм, полосовая, шириной 60-200 мм, равнополочная угловая 70X45 и выше (всех толщин), равнополочная угловая 50X50 (всех толщин); код по ОКП 093100;

среднесортная сталь. Сталь обыкновенного качества, круглая 20-30 мм включительно, квадратная 20-30 мм включительно, полосовая шириной 50-56 мм, угловая равнополочная размером 36·36·4, 40·40·4, 45·45·4 и 45·45·5, угловая равнополочная размером 45·28-63·40 мм (всех толщин); код по ОКП 093200;

мелкосортная сталь. Сталь обыкновенного качества, круглая 10-19 мм включительно, квадратная 10-19 мм включительно, полосовая шириной 12-45 мм включительно, равнополочная угловая размером до 32x20 мм включительно (всех толщин), равнополочная угловая размером до 32x32 мм включительно (всех толщин); код по ОКП 093300;

толстолистовая сталь. Сталь обыкновенного качества, толщиной 4 мм и более (ГОСТ 19282-87); код по ОКП 097100;

тонколистовая сталь. Сталь листовая обыкновенного качества, толщиной от 1,9 до 3,9 мм, включая низколегированную сталь (ГОСТ 16523-84, ГОСТ 17066-87, ГОСТ 19904-81); код по ОКП 097200;

сталь тонколистовая толщиной 1,0-1,8 мм (ГОСТ 16523-84, ГОСТ 19904-81. код по ОКП 097300;

сталь кровельная толщиной 0,5-0,8 мм (ГОСТ 17715-85, ГОСТ 19904-81); код по ОКП 097400;

сталь оцинкованная тонколистовая толщиной 0,8-1,5 мм, размером 750-1250·1400-2500 мм и др., а также сталь кровельная оцинкованная толщиной 0,5-0,7 мм, размером 710-1250·x1400-2000 мм, покрытая с обеих сторон тонким слоем цин-



## Название дисциплины

ка (ГОСТ 14916-89, ГОСТ 7118-85); код по ОКП 111100.

Черные металлы поставляются без сертификатов ( за исключением Ст.5, Ст.6).

Трубы стальные водогазопроводные, трубы стальные бесшовные холоднотянутые, холоднокатаные, горячекатаные, горячедеформированные из коррозионностойкой стали, электросварные.

Трубы наряду со стальным сортаментом (уголки, швеллеры, тавры, прутки) являются хорошим материалом для изготовления различных конструкций и широко применяются при монтажных работах.

Для систем канализации в настоящее время применяют чугунные и пластмассовые трубы, которые должны поставляться вместе с соединительными деталями (рис.1.3.3).

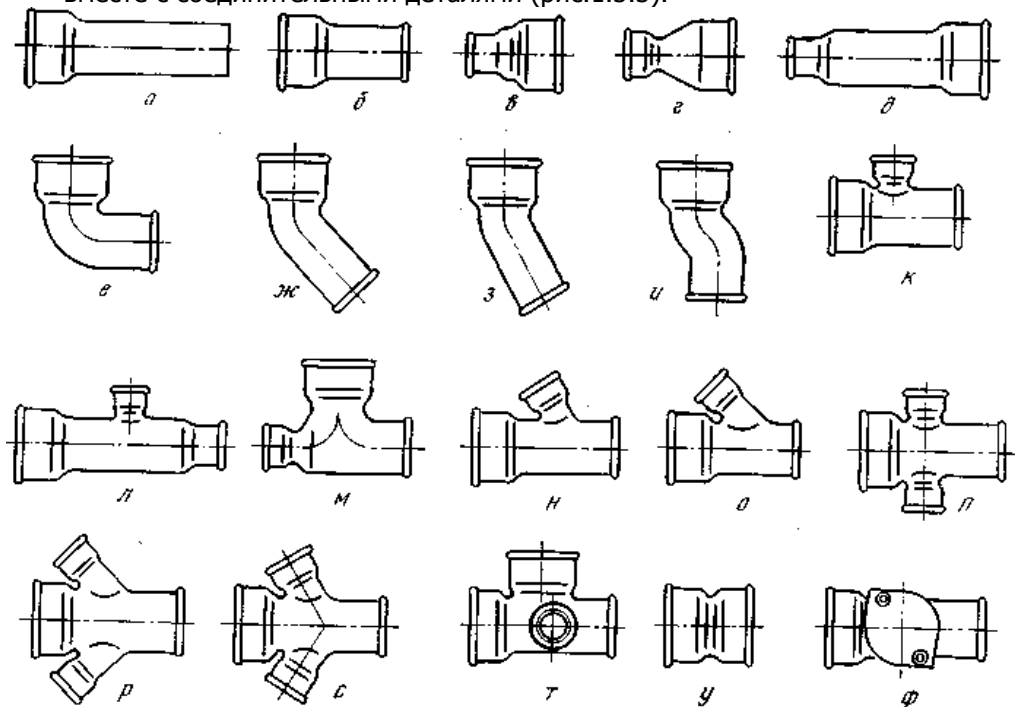


Рис.1.3.3. Трубы пластмассовые канализационные и фасонные детали к ним: а – труба (ТЧК); б – патрубок (П); в – патрубок компенсационный (ПК); г – патрубок переходный (ПП); д – патрубок переходный вентиляционный (ПВ); е – колено (К> ж – отвод 135° (О 135°); з – отвод 150° (О 150°); и – отступ (ОТС);

## Название дисциплины

к – тройник прямой (ТП); л – тройник прямой компенсационный (ТПК); м – тройник прямой переходный (ТПР); н – тройник косой 45° (ТК 45°); о – тройник косой (ТК. 60°); л – крестовина прямая (КП); р – крестовина косая 45° (КК 45°); с – крестовина косая 60° (КК 60°); т – крестовина двух-лопастная (КД); у – муфта (МФ); ф – ревизия (Р)

Для соединения водогазопроводных труб с применением уплотнителей в системах отопления, водоснабжения и в других при температуре среды не выше 175 °С и условном давлении не более 1,6 МПа (при условных проходах не более 40 мм) и 1 МПа (при условных проходах свыше 40 мм) применяют соединительные элементы из ковкого чугуна и пластмасс (рис.1.3.4).

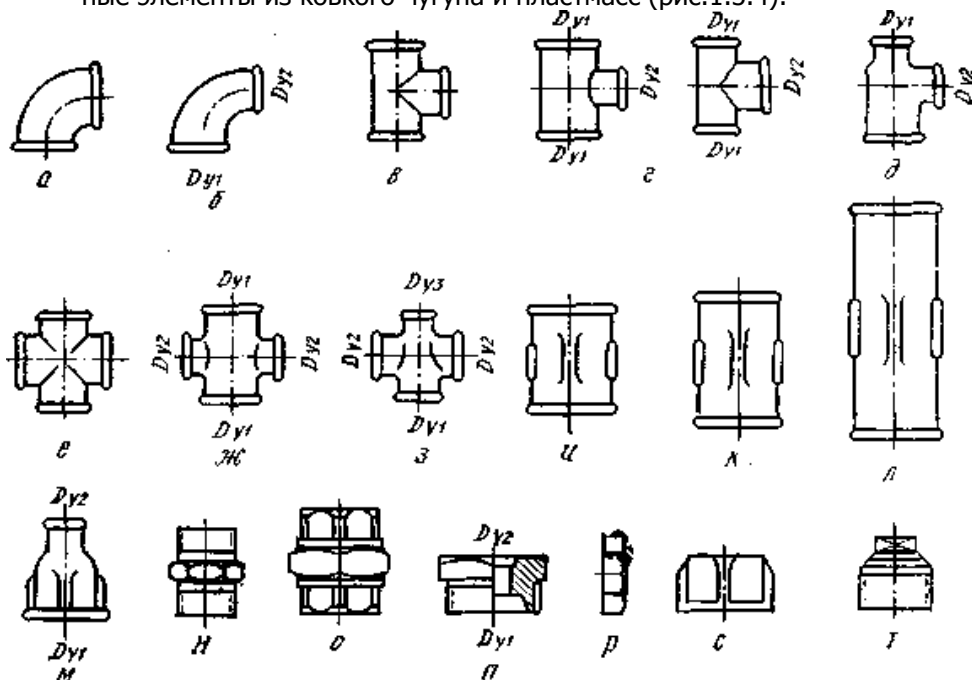


Рис.1.3.4. Соединительные детали из ковкого чугуна для трубопроводов: а – угольник прямой; б – угольник переходный; в – тройник прямой; г – тройник переходный, д – тройник с двумя переходами; е – крест прямой; ж – крест переходный; з – крест с двумя переходами; и – муфта короткая; к – муфта прямая длинная; л – муфта компенсирующая; м – муфта переходная; н – ниппель двойной; о – гайка соединительная; п – футорка; р – контргайка; с – колпак; т – пробка

Соединительные трубопроводные детали (рис.1.3.5) могут изготавливаться из стали с цилиндрической трубной резьбой. Они рассчитаны на условное давление до 1,6 МПа. Рекомендуемые условные проходы  $Dy=8; 10; 15; 20; 25; 32; 40; 50$  мм.

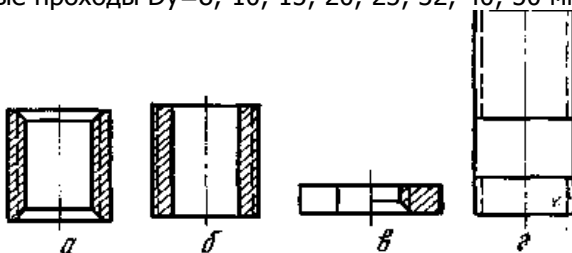


Рис.1.3.5. Соединительные детали стальные с цилиндрической трубной резьбой

для трубопроводов: а – муфта прямая короткая; б – nipple; в – контргайка; г – сгон

Трубы канализационные выпускают длиной 500; 750; 1000; 1250; 1500; 1750; 2000 и 2100 мм и по специальному заказу длиной 2200 мм.

Для монтажных работ применяются также цветные металлы и сплавы. Алюминий (А7, А5, А0). Сплавы алюминиевые деформируемые (АД, АД1, АМц), сплавы алюминиевые литейные (АЛ2, АЛ4-АЛ13). Медь техническая (М1, М3).

Сплавы медноцинковые (латуни)(Л63, Л070-1, Л062-1, ЛК-80-3Л).

Бронзы оловянные литейные (ОФ10-1; Бр.ОЦСН; Бр.ОЦС), бронзы безоловянные (Бр. АЖ9-4; Бр. АЖМц, Бр. КМц3-1).

Свинец (С2), олово (О1, О2), цинк (Ц3), баббит (Б6).

Припои медно-цинковые (ПМЦ54), бессурьмянистые (ПОС90, 40).

Пластмассы (полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, полистирол, пенопласт, фторопласт, стекло органическое, текстолит, стеклотекстолит, асботекстолит, целлулоид). Они могут поставляться в виде гранул и порошков для последующего изготовления каких-либо изделий или покрытий и в виде листов, полос, пленок, стержней и труб.

Асбест и изделия из него (паронит, ленты и шнуры, бумага и картон).

Древесина и фанера в виде пиломатериалов и изделий из нее.

## Название дисциплины

Резина и резинотехнические изделия (листы, пластины, рукава, трубы, шнуры).

Стекло и изделия из него (листы, трубы и др. изделия). Электроизоляционные материалы. На их основе изготавливают:

электротехнические материалы: лента изоляционная, картон, трубы, заливочные массы, компаунды (К115), отвердитель (полиамид), нитки льняные, трубы асбестоцементные и пр.;

прокладочные материалы: паронит, картон асбестовый, шнур асбестовый, картон технический, резина листовая, изоляционная, маслобензостойкая, резина профильная, фибра листовая, лён трепаный, пакля смоляная;

набивки сальниковые: асбестовые сухие (АС), асбестопробочные прорезиненные (АППР), тальковая сухая (ТС), прорезиненная асбестовая (ПА).

При монтажных работах также используют:

лакокрасочные материалы: лаки, эмали, грунтовки, олифы, растворители (уайт-спирит, сольвент, скипидар, спирт этиловый, олифа, ксилол);

смазочные материалы: масла, консистентные смазки (солидол, консталин, универсальная (УН, УС), смазка канатная).

Монтажные работы требуют большого количества метизов: (болты, шайбы, пружинные шайбы, дюбели: дюбель-гвоздь, дюбель-винт), а также материалы для сварочных и паяльных работ (а их объем всегда очень большой). Это электроды, сварочная стальная проволока, флюсы для защиты сварочного шва АН-348А, ОСЦ 45 при сварке алюминия 34-А, защитные газы – углекислый газ и аргон. Для газовой сварки: кислород, ацетилен, пропан-бутан.

Для пайки: оловянно-свинцовый припой, бура, канифоль.

Заранее обсчитать потребности в материалах невозможно. Для типовых объектов разработаны примерные таблицы потребности материалов, приведённые в справочниках.

### 1.3.2. Комплектация инструментов

Для монтажных работ заготавливают следующие виды инструментов.

Ручной (ударный: молотки, кувалды, киянки), (режущий: зубила, плашки, метчики, напильники, ножовки), (слесарно-сборочные: отвертки, тиски, ключи, плоскогубцы). Керны, плашкодержатели, измерители: кронциркуль, нутромер, штангенциркуль, уровень, отвес, щупы, линейки, рулетка, микрометр).

## Название дисциплины

Специнструмент: скребки, кусачки, лом, бокорез, круглогубцы, шлямбуры, бородок, кернер, чертилки, струбицины.

Электрические инструменты: для их привода используют встроенные двигатели (электрические и пневматические). По назначению их подразделяют на следующие основные группы: сверлильные (прямые, угловые, реверсивные); резьбозавертывающие; шлифовальные (прямые, угловые); для резки металла и других материалов (пилы, ножницы); ударного действия (молотки, перфораторы); универсальные (с комплектом насадок); специальные (опиловочные, шабровочные).

Наибольшее распространение получили электрические ручные машины. В настоящее время для монтажных работ применяют преимущественно ручные машины, оснащенные коллекторными электродвигателями с двойной изоляцией, которые работают от сети переменного тока напряжением 220 В при частоте тока 50 Гц. Также используют машины, питающиеся переменным током повышенной частоты 200 Гц при напряжении 36 В. Для эксплуатации таких машин необходимы преобразователи частоты тока. Удельная мощность электрических машин на единицу их массы равна: а) с универсальными и коллекторными двигателями – 60-100 Вт/кг; б) с трехфазными асинхронными двигателями нормальной частоты 50 Гц – 30-60 Вт/кг; в) с двигателями повышенной частоты – 90-120 Вт/кг.

Пневматические машины по сравнению с электрическим приводом нормальной частоты (50 Гц) имеют в среднем в 2-3 раза меньшую массу на единицу мощности и меньшие габаритные размеры, что улучшает условия их эксплуатации, создает меньшую утомляемость рабочего. Пневматические машины могут длительное время работать без перерыва, выдерживают значительную перегрузку. К недостаткам пневматического двигателя следует отнести низкий коэффициент полезного действия (0,07-0,16) и высокие эксплуатационные расходы (в 1-8 раз выше, чем у электрифицированных машин), что ограничивает их использование.

К ручным машинам относят также монтажный поршневой пистолет ПЦ 52-1, в котором в качестве источника энергии используют пороховые заряды. Он предназначен для крепления металлических деталей к строительным конструкциям путем забивания дюбелей. Пистолет комплектуют стволами №1,2, поршнями №1,2 с диаметром ударной части поршня соответственно 8,5 и 10,2 мм, направляющими № 1,2. Производительность пистолета 50 выстрелов в час, масса 4,5 кг, скорость забивания дюбеля 60-80 м/с. Для пистолета ПЦ 52-1 применяют две группы патронов: Д и

## Название дисциплины

К, которые в зависимости от величины порохового заряда и соответственно мощности делят на четыре номера.

Инструментальные приспособления: трубогибы, прессножицы, маятниковые пилы, дисковые пилы, пилы-болгарки.

К электроинструментам необходимы: трансформаторы, преобразователи тока, защитно-отключающие устройства, сверла, круги, защитные очки, заточные станки.

Все перечисленные инструменты распределяются для бригад монтажной зоны и оборудования мастерских и ОГМ (отдел главного механика).

Типовое оснащение бригады:

- оборудование для электросварки,
- оборудование газосварки,
- слесарные инструменты в виде комплектов.

Бригадные комплекты инструментов (БКИ): БКИ-1, БКИ-2 (для монтажа трубопровода), БКИ-3 (для металлоконструкций), БКИ-4 (для строительных работ), БКИ-5 (для монтажа вентиляции), БКИ-6 (для сантехники), БКИ-7 (для электросетей), БКИ-8 (для вторичных электропроводок). В случае отсутствия комплектов инструмент комплектуется на месте из ударного инструмента, режущего, слесарно-сборочного, вспомогательного, контрольно-измерительного инструмента, лазерного визира, нивелира зеркального, метра складного, уровня, отвеса, циркуля, угольника. Окрасочное оборудование: компрессор, распылители, растворители, инструменты для пайки, трубоприжимы, оправки, трубогибы, труборезы.

Строительно-монтажные: лом, топор, пила, лопата и прочее: рукавицы, наушники, аптечка, защитные очки, шлемы, прожектор, монтажные пояса, ветошь, ручной инструмент и чайник. Для электромонтажных работ: галоши, перчатки, индикаторы и пр.

Проверка наличия всего комплекта инструмента монтажниками ведётся в два этапа: первый – ознакомительный и второй при приёмке оборудования в монтаж.

Ознакомительный осуществляется на основе перечня проекта при заключении договора и после, если заказчик приобрёл оборудование. Монтажные организации осуществляют здесь только функции ознакомления с полной комплектацией. Дело в том, что в отрасли заказчик приобретает много оборудования, в разные сроки, от разных изготовителей. Обычно поставщики не в состоянии полностью укомплектовать инструментами и приспособлениями, коммуникациями, так как не знают конкретной монтажной ситуации. Её слабо представляет и заказчик. Полно её

представляют только специалисты монтажных организаций: какие монтажные изделия, трубопроводы, арматура понадобятся, чтобы правильно установить и соединить оборудование. Поэтому монтажникам обязательно надо проверить комплектность технологического оборудования, посмотреть его и составить перечень тех монтажных изделий, которые потребуются, до начала работ. Эти изделия монтажная организация должна заранее приобрести, фактически доукомплектовать оборудование, соблюдая принцип, заложенный в СНиП: вести работы своими силами, инструментами, материалами, монтажными изделиями. Стоимость этих изделий включается в стоимость работ, но это потом, а в начале за счёт монтажных организаций.

Изготовить все изделия для монтажа коммуникаций монтажная организация не в состоянии. Спасает то, что в отрасли имеются предприятия по изготовлению разнообразных изделий для механомонтажных работ, главным образом, типовых деталей трубопроводов.

Второй этап проверки комплектации ТО наступает при приёмке оборудования в монтаж, обычно в монтажной зоне, куда его доставили. К тому времени все детали должны быть приобретены.

### **1.3.3. Изготовление нестандартного оборудования**

При проектировании и монтаже оборудования зерноперерабатывающих предприятий все же имеется необходимость изготовления нестандартного оборудования. Это – фермы для транспортных систем и трубопроводов, различные емкости, лестницы, площадки и прочее. Обычно их изготавливают на производственной базе монтажной организации.

Металлоконструкции и нестандартизированное оборудование изготавливают на специализированных заводах монтажных заготовок и металлоконструкций, на производственной базе монтажных организаций или в ремонтно-механических цехах перерабатывающих предприятий.

Технология изготовления металлоконструкций и нестандартизированного оборудования включает заготовительные операции, сборочные, сварочные и окрасочные работы. Заготовительные операции заключаются в изготовлении шаблонов и разметке, резке и обработке кромок заготовок, гибке и вальцовке, штамповке и др.

Деформацию листовой стали в холодном состоянии выполняют на вальцах и прессах.

Размечают металл с помощью шаблонов из фанеры, картона и т. п. и рулеток, обеспечивающих требуемую точность и экономное расходование металлопроката с припусками на усадку от сварки.

Резку деталей выполняют ножницами, дисковыми пилами, углошлифовальными машинами, а также при помощи автоматов и полуавтоматов для кислородной резки. Применяют также ручную кислородную резку. Детали не должны иметь неровностей, превышающих 1 мм после ручной кислородной резки и 0,3 мм после машинной кислородной и плазменно-дуговой резки. Кромки деталей из углеродистой стали зачищают. При обработке абразивным кругом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Отверстия под болты изготавливают прошивкой или сверлением. Сверление монтажных отверстий выполняют после окончания сварки элементов.

Сборку выполняют из деталей и укрупненных элементов, очищенных от заусенцев, грязи, масла, ржавчины, влаги, льда и снега. Прихватки для соединения собираемых деталей размещают в местах расположения сварных швов. Длина прихваток должна составлять не менее 50 мм, а расстояние между ними — не более 500 мм.

Сборочные прихватки конструкций выполняют с применением сварочных материалов тех же марок, что и основные швы сварных соединений. Металлоконструкции сваривают преимущественно высокопроизводительными механизированными способами (автоматической и полуавтоматической сваркой под слоем флюса, в среде защитных газов, порошковой проволокой и др.).

Способ сварки определяется конструкцией, и, как правило, его указывают в документации. Сварку конструкций выполняют электросварщики, имеющие удостоверения в соответствии с правилами аттестации сварщиков.

Сварные швы по внешнему виду должны удовлетворять следующим основным требованиям: гладкая или равномерная поверхность и плавный переход к основному металлу; наличие наплавленного металла по всей длине шва, отсутствие трещин; допустимая глубина подрезов основного металла 0,5 мм при толщине стали от 4 до 10 мм и 1 мм при толщине стали более 10 мм.

Методы контроля сварных швов стальных конструкций приводятся в документации. При изготовлении всех типов конструкций систематически проверяют выполнение заданного технологического процесса сборки и сварки, наружный осмотр 100% швов с проверкой размеров, а также выборочный контроль швов ультра-



звуковой или другой дефектоскопией. Листовые конструкции (баки, бункеры), швы которых должны быть герметичными, испытывают на прочность одним из следующих методов: опрыскиванием керосином; мыльной эмульсией при избыточном давлении или вакууме в резервуаре.

Допускаемые отклонения от заданных проектом действительных линейных размеров деталей и базовых элементов конструкций регламентированы СНиП.

Подготовку к окраске, грунтование, окраску и маркировку металлоконструкций и нестандартизированного оборудования осуществляют перед отправкой на монтажную площадку при положительных температурах (не ниже 5°C). Материалами для грунтовки обычно служат органосиликатные мастики, густотертые краски и олифа. Лакокрасочные покрытия наносят последовательно после проверки качества очистки стальных конструкций и грунтования ровными слоями без пропусков и подтеков. Изготовленные конструкции маркируют в соответствии с документацией. Изготовитель должен выдавать сертификаты на металлоконструкции.

Монтируют металлоконструкции в соответствии с проектом производства монтажных работ. При этом должны быть обеспечены: устойчивость и неизменность смонтированной части конструкций на всех стадиях монтажа; устойчивость монтируемых элементов и их прочность при монтажных нагрузках; безопасность производства строительно-монтажных работ по совмещенному графику.

Для эффективной работы в монтажной зоне целесообразно максимально возможную часть монтажных работ выполнить в стационарных заводских условиях в монтажно-заготовительном участке. Конечная цель работы – достижение индустриального (поточного) монтажа.

Индустриальный монтаж – переход от малоэффективного выполнения работ вручную по месту монтажа к выполнению этих работ механизированным способом в индустриальных условиях. Работа монтажно-заготовительного участка это может позволить.

Степень индустриализации оценивается коэффициентом индустриализации Кинд.

$$\text{Кинд} = -\text{Qинд} / \text{Qполн} ,$$

где Qинд – трудоёмкость работ в индустриальных условиях; Qполн – полная трудоёмкость монтажных работ.

В отрасли Кинд достигает 0,7. Если меньше, то индустриализации выполнения работ недостаточна для современного уров-

ня механизации. (Механизированная работа – это работа с помощью станков и электрифицированного инструмента).

Удобен полносборный монтаж – монтаж технологического оборудования с собранными, конструктивно законченными, испытанными и окрашенными блоками. Сборка этих блоков и является основной задачей монтажно-заготовительного участка. Количество деталей и узлов, которые поступают на монтаж мельницы, достигает десятков тысяч, а после укрупненной сборки в монтажно-заготовительном участке количество их снижается в сотни раз.

Тем самым в задачи монтажно-заготовительного участка входит:

- изготовление заготовок для металлических конструкций и трубопроводов,
- изготовление простых типовых деталей из заготовок, в особенности для крепления и соединения трубопроводов и воздуховодов,
  - проведение укрупненной сборки,
  - работа по защите от коррозии,
  - испытание собранного оборудования на специальных стендах.

Типовая структура монтажно-заготовительного участка должна иметь секторы:

- заготовительный (отрезка, раскрой),
- трубный,
- электросварочный,
- механический,
- малярный,
- сборочный,
- испытаний.

Это фактически участки машиностроительного предприятия. В них входят станки, инструмент, технологии, планирование участка.

Остальные участки: малярный, расконсервации – работают по своим технологиям. Все участки обслуживают два объекта: механосборочный комплекс и монтажную зону.

### **1.3.4. Организация складского хозяйства на монтажном участке**

Для хранения комплектующих изделий и оборудования предназначены склады. Последние строят закрытыми (отаплива-

## Название дисциплины

емые и неотапливаемые) и открытыми (навесы).

В открытом складе хранят крупногабаритные и тяжеловесные запасные части (рамы, корпуса, кожухи и т.п.) и оборудование (калориферы, водонагреватели, котлы), черные металлы, трубы и др.

Под навесом также хранят задвижки, насосы, вентиляторы и другое оборудование.

В закрытых складах хранят технологическое оборудование, электротехнические изделия и материалы, электродвигатели, компрессоры, резинотехнические, полимерные, лакокрасочные материалы, кислоты, щелочи, карбид кальция.

Условия хранения материально-технических средств на складах должны обеспечивать:

- качественную и количественную сохранность всех поступивших на базу грузов;
- стеллажное или штабельное хранение материалов;
- рациональное использование площадей и емкостей складов;
- применение наиболее рациональных технологических планировок размещения оборудования и мест хранения грузов;
- использование современных погрузочно-разгрузочных средств и технологического оборудования;
- возможность выполнения технологических операций при любых погодных условиях;
- снижение расходов по содержанию складов, достигаемое четким порядком и удобствами выполнения операций по приемке и отпуску грузов;
- соблюдение противопожарной безопасности и производственной санитарии.

В процессе хранения на оборудовании и комплектующих изделиях не должно быть остатков упаковочной проволоки и других материалов, которые приводят к повреждениям материальных средств при хранении и транспортировании.

Оборудование, поступающее в разобранном виде, хранят комплектно в одном месте на полу склада на подставках, инструмент и запасные части — в отдельных ящиках на поддонах.

Комплектующие изделия должны быть маркированы.

На каждое изделие наносят наименование или товарный знак предприятия-изготовителя.

Место, размеры и способ нанесения маркировки должны обеспечивать их сохранность в течение всего срока службы изделий.

## Название дисциплины

Крупногабаритные узлы и детали, не имеющие точной механической обработки, хранят под навесами, в стеллажах-навесах и на открытых площадках.

Запасные части, имеющие точную обработку, хранят в закрытых отапливаемых и неотапливаемых складах.

В зависимости от наименования, назначения, вида и габаритов упаковки запасные части хранят в стеллажах, штабелем или напольно.

В стеллажах хранят большинство запасных частей, прибывающих в пакетах в заводской упаковке и без нее и позволяющих укладывать их в ящичные или плоские поддоны.

Пробковые и асбестовые изделия хранят на плоских и ящичных поддонах. Места хранения пробковых изделий должны быть обеспечены хорошей вентиляцией.

Все запасные части, узлы, агрегаты, хранящиеся на складах, подвергают тщательному техническому осмотру с проведением частичной консервации.

Основные операции при переконсервации запасных частей: очистка поверхности от грязи и пыли, удаление старого консервирующего покрытия, зачистка коррозионных поверхностей, промывка и сушка поверхностей для консервации, нанесение консервирующего покрытия.

Следы коррозии на деталях следует немедленно удалять путем механической или химической очистки. Точно обработанные рабочие поверхности деталей очищают войлочными или матерчатыми кругами с применением тонких паст и мастик.

Резинотехнические изделия хранят в железобетонных, кирпичных, отапливаемых и неотапливаемых, сухих, хорошо вентилируемых помещениях (не ниже второй степени огнестойкости).

Для защиты от попадания прямых солнечных лучей на хранящиеся резинотехнические изделия стекла окон склада с внутренней стороны окрашивают в желтый цвет.

Хранить в складе резинотехнические изделия и асбестовую продукцию совместно с кислотами, щелочами, горючими материалами категорически запрещается.

Рекомендуется для склада резинотехнических изделий выделять отдельные помещения или отсек склада. Поступающие на склад резинотехнические изделия не следует распаковывать при температуре воздуха ниже 0°C; их не следует сгибать и допускать образования складок, так как это может вызвать образование трещин. Изделия из резины, имеющие большую площадь соприкосновения между собой, при укладке нужно пересыпать (при-

пудрить тальком, мелом или каолином во избежание слипания).

Клиновые ремни хранят в помещении при температуре от 0 до 25°C, относительной влажности воздуха 70 %.

Клиновые ремни размещают на хранение на кронштейнах специального стеллажа в подвешенном состоянии. В этом случае через каждые 1,5-2 месяца хранения ремни рекомендуется поворачивать, меняя точки подвеса.

Не разрешается хранить клиновые ремни на улице, на солнечном свете, вместе с запасными частями, покрытыми слоем консервирующей смазки, они не должны подвергаться воздействию масел, бензина, кислоты, щелочи и других разрушающих резину веществ.

Ленты транспортерные поставляют в рулонах. Хранить их следует в помещениях при температуре от -5 до 30 °С. Рулоны необходимо устанавливать на плоские поддоны вертикально.

Действующее оборудование в межсезонный период использования консервируют.

Ее проводят после подготовки поверхности. Обычно при консервации используют жидкие консервационные смазки. Расконсервацию проводят путем удаления смазки с помощью растворителя.

Организация складского хозяйства должна быть ориентирована на современные компьютерные технологии учета, позволяющие находить необходимые изделия, вести точный учет расхода и хранения всех элементов, находящихся на складах.

### **1.3.5. Организационно-хозяйственная подготовка**

Организационно-хозяйственная подготовка включает: подбор исполнителей и организацию взаимодействия между ними. Различают: шеф-монтаж, когда в качестве исполнителей выступают представители завода-изготовителя (это дорого) или своими силами, но в этом случае надо обучить и рассчитать общее количество рабочих и инструментов.

Число рабочих в среднем определяют по формуле

$$N = Q / (T_{дир} T_{см} K_{вып}),$$

где Q – общая трудоемкость, чел.·ч; T<sub>дир</sub> – директивные сроки длительности монтажа, суток; T<sub>см</sub> – длительность смены; K<sub>вып</sub> – коэффициент выполнения норм.

Недостаток этой формулы – не учитывает разную квалификацию работающих и не учитывает разряд, дает ориентировочный результат.

Чтобы определить количество по разрядам, необходимо из общего объема выделить работы разной сложности с трудоёмкостью  $Q_i$ , где  $i$  – разряд работающего.

Тогда число рабочих разряда  $n$

$$N_n = \sum_{m=1}^m Q_i / (T_{\text{дир}} T_{\text{см}} K_{\text{вып}}) - \sum_{o=1}^{m-1} Q_j.$$

Потребности в оборудовании и инструментах определяют по формуле

$$N = Q_{\text{физ}} / (T_{\text{срок}} q K_{\text{см}}),$$

где  $Q_{\text{физ}}$  – трудоёмкость вида работ;  $q$  – производительность инструмента;  $T_{\text{срок}}$  – директивный плановый срок работы инструмента по сетевому графику;  $K_{\text{см}}$  – количество смен использования инструмента в сутки.

Хозяйственная подготовка. Проводится силами административного персонала и отдела главного механика: ИТР не участвует. Хозяйственная подготовка зоны монтажа включает:

- оборудование монтажной площадки и стендов укрупненной сборки, устройство складов, помещений для хранения электродов, инструментов, газовых баллонов; оборудование проходной;

- создание монтажного городка (вагончиков), условий быта для рабочих, санитарии, гигиены, отопления; помещений для прораба, бригадиров и пр.;

- установку приёмных площадок в монтажных проемах здания.

Площадка для укрупненной сборки должна примыкать к складам, она должна быть выровненная, утрамбованная, с несущей способностью до 0,4 МПа.

Защита от осадков осуществляется для рабочих мест монтажных площадок, навесы для хранения металла и материалов, навесы для отдыха.

Монтажная площадка должна быть обеспечена питьевой водой, сантехническими объектами, аптечным пунктом. Должны обеспечиваться охрана и дежурное освещение.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1.3

#### ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИНСТРУМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наш век называют железным, так как видно из представленного выше сортамента основные конструкционные материалы, используемые при монтажных работах, выполнены на основе сплавов железа. Но так было не всегда. Железному веку предшествовали каменный и бронзовый, и в эти периоды времени орудия труда соответственно изготавливались из камня и бронзы.

Орудия труда, можно сказать, способствовали развитию человека и одновременно являлись показателем эволюции.

Для создания любого инструмента необходимо четко представлять, из чего его можно сделать и как это можно сделать.

Первый вопрос – к материаловедению, второй – к технологии.

Материаловедение как сумма знаний о различных характеристиках материалов, используемых для производства чего-либо, оценивает возможности применения того или иного природного или искусственного материала для изготовления какого-либо инструмента с заранее заданными характеристиками.

Технология как сумма знаний о совокупности производственных процессов выбирает производственный процесс, нужный для создания какого-либо инструмента с заранее заданными характеристиками.

Чтобы изготовить инструмент, необходимы знания по материаловедению и технологии.

Вся история орудий и инструмента, его создания, производства и применения неразрывно связана с развитием этих наук.

Первобытный человек сообразил, что если взять в руку камень, то можно увеличить силу удара руки. Так возник первый, древнейший, вид инструмента – ударный. Но камни в природе обычно имеют округлую форму. Человек заметил, что при падении с высоты или при сильном ударе по камню он раскалывается с образованием кусков уже другой формы. Был подобран камень, ударом другого камня по нему он был расколот на куски, и у них обнаружили острые кромки. Из получившихся кусков был выбран кусок, лучше всех ложившийся в руку и с удобно расположенной на нем режущей кромкой. Это было ручное рубило. Так возник второй вид инструмента – режущий.

Технология родилась именно в этом процессе. Применение этого рубила показало, что для успешной работы нужно искать достаточно твердые камни для его изготовления. Режущая кромка у мягких камней быстро затуплялась, что заставляло тратить время на изготовление другого рубила.

## Название дисциплины

Материаловедение возникло из опыта сравнительной оценки различных камней для создания рубил с режущими кромками высокой стойкости и выбора соответствующего вида камня.

Опыт применения этого инструмента показал, что режущие свойства рубила обеспечиваются тем, что кромка имеет форму клина. Чем меньше угол при вершине этого клина, тем выше режущие свойства рубила.

Открытие клина и его режущих свойств было одним из великих изобретений человека. Оно стоит в одном ряду с открытием огня и умением добывать и использовать его, с изобретением колеса, рычага и т. д.

Материаловедение определило кремь –  $SiO_2$  – как наилучший материал для изготовления режущих (и не только режущих) орудий. Широкое распространение в природе, несложность добычи его в нужном количестве, исходные свойства кремня: твердость, способность раскалываться на куски при ударе, а при умелом и точном ударе – на достаточно тонкие пластинки (отщепы) с превосходными режущими свойствами – обеспечили кремню успех как материалу для производства инструмента. Технология была достаточно проста: имеются два камня: кремь обрабатываемый и камень, которым обрабатывают, – отбойник. Ударами различной силы оббивали заготовку, стараясь получить с одной стороны ровное острое лезвие, с другой – округлый затыльник, удобно лежащий в руке.

Однако твердость кремня из достоинства при его использовании превращалась в недостаток при его обработке. Она требовала сильных и резких ударов по заготовке, что исключало создание ровного режущего лезвия. При отесывании заготовки от нее отлетали пластинки кремня различных размеров с острыми краями, слишком маленькие для использования в качестве рубил, но вполне пригодные для резания. Они успешно шли в дело безо всякой дальнейшей обработки, так что безотходная технология – изобретение отнюдь не наших дней.

Из этих отщепов возник новый вид инструмента – скребок, которым было удобно очищать звериные шкуры от остатков мяса и жира. Да и дерево неплохо резалось этим скребком. Длинные и тонкие отщепы стали применять как инструмент для прокалывания и высверливания отверстий в шкурах и дереве.

Начали появляться опыт и традиции. Создание новых видов инструментов, орудий требовало профессиональной и высококвалифицированной работы на постоянной основе. И в роду или уже в племени появился мастер, который выполнял эту рабо-



ту. По своему социальному статусу в племени он стоял на третьем месте после вождя и шамана.

Технология обогатилась новой методикой подготовки кремня к обработке. Кремневый желвак заворачивался на время в мокрую шкуру, после чего с него легче оббивалась корка и яснее просматривалась структура поверхности кремня, определявшая, что именно из него будет сделано. Появилась и новая методика обработки. Она заключалась в нанесении несильных, но частых и точных ударов по заготовке. Такие удары отделяли от нее мелкие кусочки кремня, создавая инструмент с ровной и прямой режущей кромкой.

Еще одна новая методика – «контрретушь» – состояла в том, что по готовому уже инструменту, уложенному на массивную твердую «наковальню», наносились частые удары деревянной колотушкой – «ретушером», отбивая от инструмента совсем уже маленькие кусочки. Эта технология применялась в основном для заточки новых режущих инструментов и для переточки затупившихся (рис. П1.3.1).

Материаловедение предложило новые материалы для производства инструмента – кость и рог. Свойства этих материалов были близки к свойствам кремня за исключением твердости, но их обработка была проще, и они позволяли создать такие инструменты, которые невозможно было сделать из кремня.

Название дисциплины



Рис.П1.3.1. Орудия труда древнекаменного века (палеолита)

Мезолит (среднекаменный век) ознаменовался созданием составных инструментов.

Ручное рубило. Составной инструмент – это рубило, соединенное с палкой. Так появился новый вид инструмента – топор, резко увеличивший силу удара режущей частью рубила. Вслед за этим был создан молот. В деревянную или костяную основу вставлялись небольшие кремневые отщепы с острыми кромками. Так, например, создавались ножи с высокими режущими свойствами.

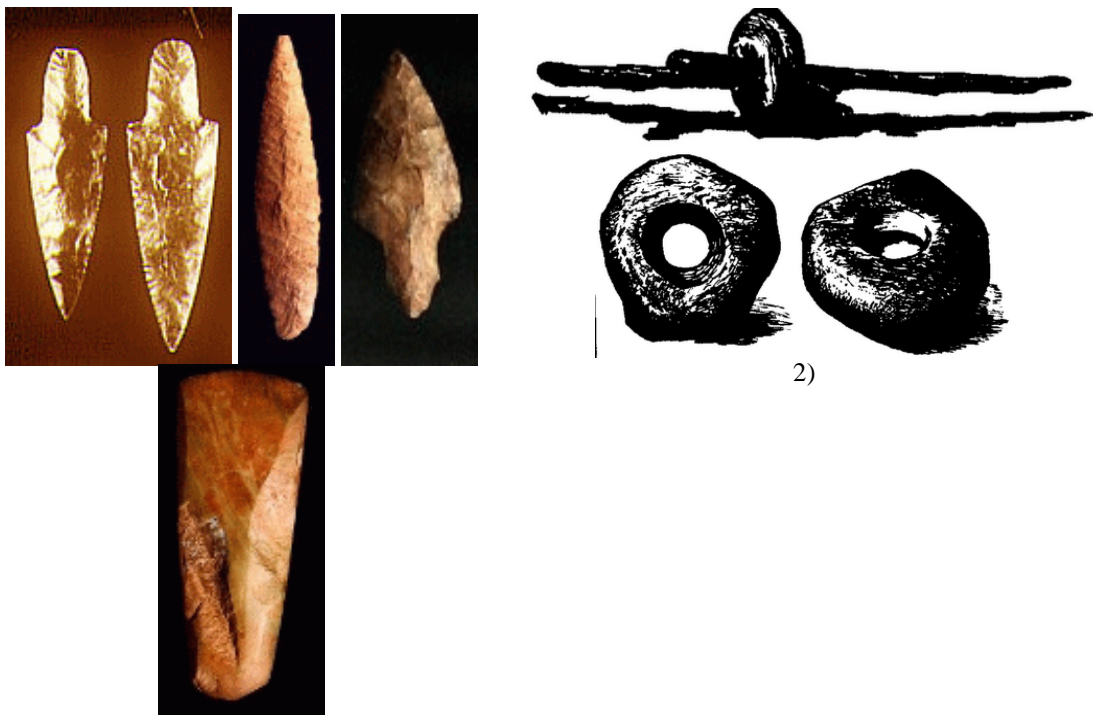
Ассортимент инструментов все более расширяется, появляются специализированные инструменты, предназначенные для выполнения определенных операций, например, для шитья одежды из мехов и кожи – иголки с ушками, для деревообработки – резцы и т. д.

Название дисциплины

В производстве деревянного инструмента и орудий нашел применение и огонь. В результате обжига повышалась твердость дерева. Такая технология также предохраняла дерево от гниения.

Топор каменный. В это же время зарождались и основы эргономики. Рукояткам инструментов начали придавать такие формы, которые меньше утомляли руку при работе.

Чтобы выкопать съедобные травы и корни, к палкам приделывали каменные и костяные остроконечники. Охотники изобрели десятки разных наконечников для стрел. Острые – для крупных зверей, зазубренные – для мелкой дичи, птиц, рыб. А в пушных зверьков стреляли тупыми стрелами, чтобы не портить шкурку (рис.П1.3.2). Для изготовления мелких наконечников стрел требовалось большое мастерство. Ведь они порою бывали не больше ногтя!



1)

2)

Рис.П1.3.2. Орудия мезолита: 1 – наконечники копий и (рубило); 2 – палки для выкапывания корней с каменным утяжелителем (принцип рычага)

Однако бурное расширение потребления кремня для производственных нужд привело к его дефициту. Возникшая ситуация

## Название дисциплины

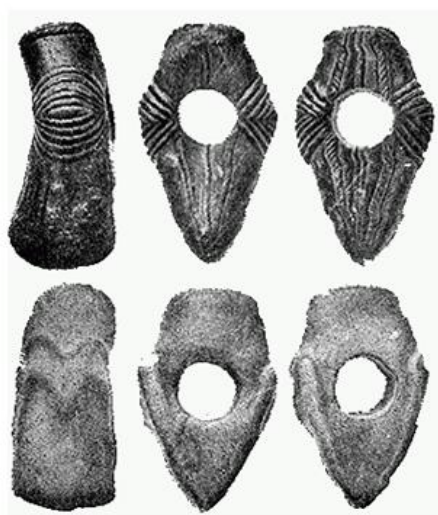
предлагала два варианта действий: или активные поисково-разведочные работы новых месторождений кремня, или сокращение его расхода в производстве инструмента и орудий и повышение коэффициента его использования.

Технология мезолитических инструментов и орудий – явилась выходом из сырьевого кризиса. Она стала следующим этапом в технологии производства составных инструментов. Уменьшились размеры инструментов, они стали изящнее по своим формам при сохранении свойств и даже их расширении. Упростилась технология производства наиболее распространенных инструментов, сократились расход и потери сырья, а также снизились затраты времени на производственный процесс.

Неолит, последняя стадия каменного века в истории инструмента, явился временем наивысшего развития технологий обработки камня, кости и рога. Были открыты свойства аналогов кремня – яшмы, диорита, нефрита и др. минералов, пригодных для производства инструментов и орудий. Особо нужно выделить обсидиан, или вулканическое стекло, – материал, непревзойденный по остроте режущих кромок его отщепов (рис.П1.3.3).

Подмеченная способность кварцевого песка и других природных абразивов оставлять глубокие царапины на кремневых орудиях привела к внедрению новых технологий: распиловки, черновой обдирки, шлифования и полировки кремня, кости и рога с применением абразивных материалов.

Каменные инструменты, близкие по форме к современным, появились тогда, когда человек научился шлифовать, сверлить камень, что позволило окончательно решить проблему надежного закрепления ручек в ударных инструментах (топорах, молотках и т.п.): в сквозные отверстия (так называемые всады) вставлялась и расклинивалась ручка инструмента. Применение абразивных материалов для заточки и полировки режущих лезвий каменных инструментов позволило довести их остроту до максимально возможного предела.



1)



2)



3)

Рис.П1.3.3. Орудия труда каменного века:  
1 – топоры; 2 – приспособления для добычи рыбы; 3 – иглы и шила для швейных работ

Основные инструменты (ножи, топоры, молотки, тесла и т. д.) приобрели знакомые нам современные формы.

Вслед за каменным наступил медный век. Люди довольно часто находили медные самородки. Из них и были сделаны орудия труда. Обработывая огнем различные камни, люди тех времен, возможно, случайно и выплавляли медь. Это произошло примерно около 9000 лет до н.э.

Достоверно известно, что в конце VII тысячелетия до н.э. существовала металлургия меди и свинца. В IV тысячелетии до н.э. уже имело место широкое распространение изделий из меди. Медный век в истории человечества был достаточно кратким, так

Название дисциплины

как медные изделия быстро выходили из строя (медь очень мягкий металл). Люди искали способы упрочнения медных изделий. Решение нашлось в комбинации меди и олова. Этот сплав называют бронзой. Прочность его оказалась достаточно высокой, и бронзовка изделия получила широкое распространение, а век впоследствии историки назвали бронзовым. Начало бронзового века датируется примерно 3000 годом до н.э., одновременно с оловом получил распространение сплав меди с мышьяком.

Бронзовый век в истории длился около двух тысяч лет; именно в бронзовом веке зародились крупнейшие цивилизации древности. Орудия бронзового века были довольно совершенны. В известных поэмах Гомера «Одиссея» и «Иллиада» герои использовали бронзовое оружие и инструменты.

Из новых видов инструментов, возникших в Древнем Египте и Междуречье, нужно назвать коловорот – инструмент для сверления отверстий. Египтяне широко применяли для соединения частей деревянных изделий деревянные же гвозди, для которых требовалось сверлить огромное количество отверстий в соединяемых деталях. Египтяне ввели в употребление и деревянный молоток, т. е. молоток с головкой из дерева. Этот молоток вполне годился для работы с деревянными гвоздями. Отдельно необходимо упомянуть специализированный ювелирный инструмент, возникший при работах с золотом и серебром (рис.П1.3.4).

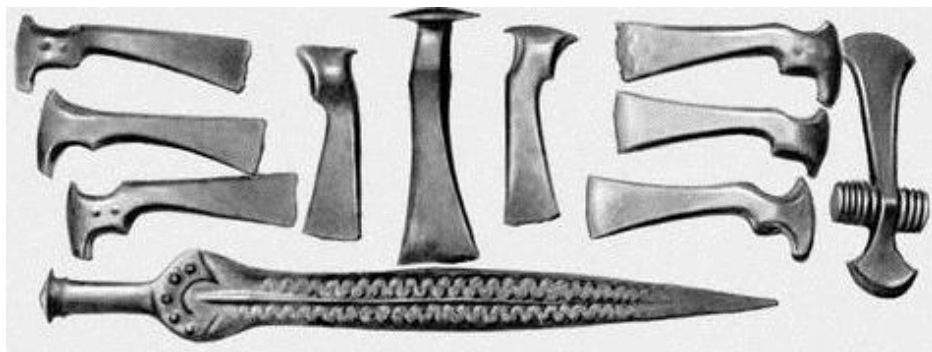


Рис.П1.3.4. Орудия развитого бронзового века Европы

Имеется множество фактов о том, что железо было знакомо людям почти с каменного века. Это было метеоритное железо, содержащее много никеля и поддающееся обработке в холодном состоянии (рис.П1.3.5).

Название дисциплины



Рис.П1.3.5. Образцы метеоритного железа

Наиболее ранние находки железных предметов из метеоритного железа отмечены в Иране (VI–IV тыс. до н. э.), Ираке (V тыс. до н.э.) и Египте (IV тыс. до н.э.). Выплавляемое железо, скорее всего, было получено не преднамеренно, а как вторичный продукт сложной бронзово-литейной технологии, в которой как флюс использовалась железная руда. Орудия, изготовленные из железа, оказались лучше по качеству и более износостойкие, чем бронзовые. Это и определило начало распространения железа и положило начало новому веку – железному.

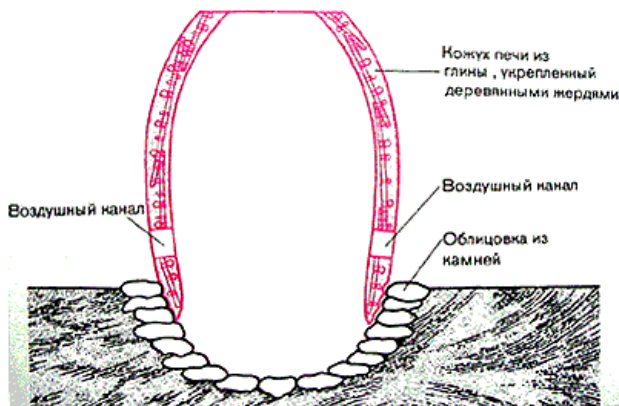
Повсеместное развитие новой технологии началось лишь

Название дисциплины

тогда, когда люди научились добывать железо из руды. Согласно общераспространенному мнению, самое раннее железоделательное производство зафиксировано в северных районах Анатолии. Традиционно считается, что первыми освоили это дело племена хеттов, которые снабжали соседей железными предметами, но долго хранили технологию их изготовления в секрете.

В первоначальный период для получения железа использовалась окисленная железная руда, которая чаще всего залегает у поверхности. После открытия ее свойств такие залежи быстро истощились в результате их интенсивной разработки. Тогда люди перешли к получению железа из болотной руды. Они распространены гораздо шире. Такие руды образовались в субатлантическом периоде, когда в процессе заболачивания железная руда оседала на дно водоемов. Все средневековые черная металлургия использовала болотные руды. Ими даже платили повинности. Получение железа из руды в относительно большом количестве стало возможным после изобретения сыродутного горна.

Горн – это печь, сложенная из огнеупорных камней (базальт) и обмазанная снаружи и изнутри огнеупорной глиной (рис.П1.3.6).



а)



Название дисциплины



б)

Рис.П1.3.6. Сыродутный горн для получения железа:  
а –устройство; б – общий вид

В рабочее пространство горна слоями загружали измельченную руду и уголь, все это поджигалось, и через отверстия-сопла специальными (кожаными) мехами нагнетался воздух (сырой, холодный). При температуре 900оС с помощью углекислого газа, отнимающего у окиси железа кислород, происходит восстановление железа из руды и получается тесто или бесформенный, пропитанный шлаком пористый кусок– крица. Для осуществления этого процесса был необходим древесный уголь как источник углекислого газа.

Практически с этого периода времени началось интенсивное истребление лесов. Если для кораблестроения нужен был мачтовый лес, то для производства древесного угля подходил любой.

Крицу после этого проковывали, для того чтобы удалить из нее шлак. Сыродутный способ, иногда называемый варкой железа, неэкономичен, но он долгое время оставался единственным и неизменным способом получения черного металла.

Из-за сложности процессов получения и недостаточного количества руды распространение железа по регионам Европы шло довольно медленно.

С XIII в. до н.э. железо стало распространяться гораздо быстрее. К примеру, уже в XII в. до н.э. оно было известно в Сирии и Палестине, а к IX в. до н.э. оно почти полностью вытеснило бронзу из широкого употребления и очень быстро стало предме-

## Название дисциплины

том широкой торговли. Экспорт железа шел через Ефратскую долину и горы Северо-Сирийского союза на юг и на север – через понтийские колонии. Этот путь назывался железным.

Железный век окончательно утвердил железо как основной материал для производства инструментов и орудий. Железные инструменты, особенно режущие, наглядно демонстрировали свое полное превосходство над инструментами из меди и бронзы.

Технология искала и находила новые методы обработки железа для создания из него инструментов и орудий. Основным технологическим методом стала горячая свободнаяковка железа. Были открыты и новые технологии термической обработки железных изделий – закалка и отпуск. Закалка резко повышала их твердость, но увеличивала хрупкость. Отпуск снижал хрупкость, но одновременно уменьшал твердость. Методом проб и ошибок отыскивалось необходимое соотношение этих свойств. Было обнаружено, что если проковать место контакта двух раскаленных кусков железа, то эти куски прочно соединятся в единое целое. Возникла еще одна новая технология – кузнечная сварка. Применение этой технологии позволило разработать способ осталивания – наварки стального лезвия на железный инструмент. Появилась технология науглероживания железа – насыщение поверхностного слоя железного изделия углеродом, повышавшим твердость изделия. Особенно ценной она оказалась для создания режущих инструментов.

Новые технологии создали и новые инструменты. Возникли кузнечные клещи для удержания раскаленных заготовок при ковке, кузнечные зубила для разрубания горячих поковок и т. д. Возрастает масса молотов, они получают удлиненные ручки, обеспечивавшие увеличение силы удара.

С созданием мехов для подачи воздуха в кузнечные горны, позволивших повысить температуру нагрева обрабатываемых металлов до их расплавления, возникла технология формового литья. Теперь расплавленный металл можно было отлить в форму, получив почти готовое изделие. Заточка литого режущего инструмента с уже сформированной режущей кромкой была проще.

Все эти новые технологии позволили создавать прочные железные инструменты, увеличить их режущую способность и повысить стойкость. Особенно важно это было для деревообрабатывающих инструментов. Они реже требовали переточки и позволяли обрабатывать такие породы древесины, которые медными и бронзовыми инструментами обрабатывались с большими затратами. Но широкое распространение железа сдерживалось

## Название дисциплины

сложностью производства его в нужном количестве. Наладить массовое производство инструментов из железа оказалось возможным только в античное время.

Античный железный инструмент (VII в. до н. э. – V в. н. э.) в Греции и Риме практически повторял уже существовавшие виды медных и бронзовых инструментов. Но они стали легче и изящнее в силу более высокой прочности железа.

Произошло важное событие -производство железа отделилось от производства изделий из него, в частности инструмента. Теперь кузнец уже не сам занимался получением железа из руды, а покупал готовое железо у тех, кто специализировался на его производстве.

Возник инструмент для обработки металлов резанием. Его появление стало возможным благодаря технологиям закалки и науглероживания железа, резко повышавших твердость и стойкость инструмента. Расширился ассортимент инструментов для развивающегося земледелия – кос, серпов, вил, мотыг и т.п. Зарождающееся кораблестроение в странах, бедных строевым корабельным лесом, потребовало создания новых инструментов для обработки древесины, позволяющих экономнее расходовать драгоценную импортную древесину. Возник такой вид инструментов, как продольные пилы для разделки стволов деревьев на доски, необходимые для строительства кораблей с набойной обшивкой. Произошло разделение деревообрабатывающего инструмента на плотницкий и столярный. Все возрастающие масштабы строительных работ потребовали новых строительных инструментов. Инструменты из железа могли обрабатывать такие строительные материалы, для которых не годились инструменты из меди и бронзы.

Технология обогатилась двумя новыми методиками соединения различных металлов: клепкой и пайкой.

Гибель Римской империи и утрата многих достижений античных технологий отрицательно повлияла на развитие инструментов и их производства. Многие инструменты, применявшиеся в больших мастерских с разделением труда, были забыты за полной их ненужностью – для замкнутого авторитарного хозяйства феодала или на крестьянском дворе они были просто не нужны.

С возрождением городов, существовавших еще в римскую эпоху, а также с возникновением новых городов в них появился класс ремесленников, производителей различной продукции, им нужен был и разнообразный инструмент.

Многие ремесленники нуждались в нем, так как самостоя-

## Название дисциплины

тельно изготавливать его для своего производства было просто невозможно, не владея соответствующими технологиями и оборудованием. Инструмент также начинал пользоваться все возрастающим спросом и за пределами самих городов. Ремесленники в бурно развивающихся городах создали свои цехи – объединения по профессиональному признаку. Но в цеховой организации производства, связанной многочисленными ограничениями, места для каких-либо совершенно новых видов инструментов просто не было.

Материаловедение в Средние века познакомилось с таким замечательным материалом, как булат, попавший в Европу в ходе крестовых походов в виде оружия с высочайшими режущими свойствами. Однако производство булата было окружено глубокой тайной. Поставки его в Европу с Востока производились только в виде холодного оружия. А вскоре технология производства булата вообще была утрачена в самих местах его возникновения и производства. И тем не менее загадка булата подтолкнула на его исследования целый ряд выдающихся ученых Европы. Но это произошло уже в Новое Время, в эпоху промышленного переворота.

Каких-либо совершенно новых инструментов или технологий Средние века так и не смогли создать.

Дальнейшее развитие металлургии железа связано с прогрессом в области печей для производства криц и чугуна. В VII-VIII вв. стали строить сыродутные горны высотой больше человеческого роста, причем увеличение высоты агрегата происходило очень интенсивно и к концу тысячелетия печи строились высотой до 5 метров.

Какова же причина такого изменения конструкции агрегата? Изначальное стремление к повышению производительности печи дало «побочный» эффект, который неожиданно превзошел первоначальные ожидания средневековых мастеров. Дело в том, что с увеличением высоты горнов в них стали существенно улучшаться условия теплообмена между опускающимися сверху железорудными материалами и поднимающимся снизу, от фурм, восстановительным газом (оксидом углерода). Можно сказать, что в печи появилось «дополнительное» тепло. В результате стали более полно проходить как реакции восстановления железа из оксидов, так и науглероживания свежевосстановленного железа. Таким образом, получаемая крица стала более равномерной по химическому составу, в ней повысилось содержание железа и одновременно увеличился выход чугуна.

До 2-й половины XVIII в. чугун выплавляли непосредственно из руды в доменных печах. Позже его стали производить из литейного чугуна и лома в небольших доменных печах. Такие печи стали прототипами появившихся во второй половине XVIII в. вагранок.

Из-за постепенного истощения запасов леса для производства древесного угля требовалось новое топливо для выплавки металла. Оно было получено на основе каменного угля, и его называли коксом. Его получали путем нагрева каменного угля до температуры 950-1050°C без доступа воздуха. Использование кокса требовало увеличения количества воздуха, подаваемого в доменную печь. Инженеры стали использовать воздушные насосы с различными приводами.

Применение новых систем подачи воздуха позволило значительно увеличить размеры доменных печей и ускорить процесс плавки в доменных печах, это привело к резкому повышению выплавки чугуна.

В дальнейшем производительность доменных печей росла за счет подогрева воздуха, подаваемого в домну.

Современная домна – это огромное сооружение высотой с 30-этажный дом. Она оборудована сложнейшими машинами и приборами. В ней плавят, как правило, не железную руду, а окатыши, или агломерат. Они загружаются в печь слоями, перемежаясь коксом. Так же послойно в домну загружают флюсы – известь и другие вещества. Они заставляют пустую породу и другие ненужные вещества, образующие шлак, всплывать на поверхность жидкого металла, откуда шлак сливают в специальный ковш. Кокс, агломерат (или окатыши) и флюс называются одним словом – шихта.

Процесс производства стали сводится, в сущности, к выжиганию из чугуна примесей, к окислению их кислородом воздуха. То, что делают металлурги, рядовому химику может показаться бессмыслицей: сначала восстанавливают окисел железа, одновременно насыщая металл углеродом, кремнием, марганцем (производство чугуна), а потом стараются выжечь их. Обиднее всего, что химик совершенно прав: металлурги применяют явно нелепый метод. Но другого у них не было. Главный металлургический передел – производство стали из чугуна – возник в XIV в. Сталь тогда получали в кричных горнах. Чугун помещали на слой древесного угля, расположенный выше фурмы для подачи воздуха. При горении угля чугун плавился и каплями стекал вниз, проходя через зону, более богатую кислородом, – мимо фурмы. Здесь же-

лезо частично освобождалось от углерода и почти полностью – от кремния и марганца. Затем оно оказывалось на дне горна, устланном слоем железистого шлака, и вынималось наружу. В этом процессе ничего не менялось в течение столетий, пока Генри Бессемер в 1856 г. не запатентовал способ производства стали продуванием воздуха через жидкий чугун, находящийся в конвертере – грушевидном сосуде из листового железа, выложенном изнутри кварцевым огнеупором. Для подвода дутья служит огнеупорное днище со многими отверстиями. Конвертер имеет устройство для поворота в пределах 300°. Перед началом работы конвертер кладут «на спину», заливают в него чугун, пускают дутье и только тогда ставят конвертер вертикально. Кислород воздуха окисляет железо в закись FeO. Последняя растворяется в чугуне и окисляет углерод, кремний, марганец. Из окислов железа, марганца и кремния образуются шлаки. Такой процесс ведут до полного выгорания углерода. Затем конвертер снова кладут «на спину», отключают дутье, вводят в металл расчетное количество ферромарганца – для раскисления. Так получается высококачественная сталь.

Способ конвертерного передела чугуна стал первым способом массового производства литой стали.

Самая большая революция в сталеплавильном производстве произошла в 1865 г., когда отец и сын – Пьер и Эмиль Мартены использовали для получения стали регенеративную газовую печь, построенную по чертежам В. Сименса. В ней, благодаря подогреву газа и воздуха, в особых камерах с огнеупорной насадкой достигалась такая высокая температура, что сталь в ванне печи переходила уже не в тестообразное, как в пудлинговой печи, а в жидкое состояние. Ее можно было заливать в ковши и формы, изготавливать слитки и прокатывать их в рельсы, балки, строительные профили, листы... И все это в огромных масштабах! Кроме того, появилась возможность использовать громадные количества железного лома, скопившегося за долгие годы на металлургических и машиностроительных заводах. Последнее обстоятельство сыграло очень важную роль в становлении нового процесса. В начале XX в. мартеновские печи почти полностью вытеснили бессемеровские и томасовские конвертеры, которые хотя и потребляли лом, но в очень малых количествах (рис.П1.3.7).

Свойства сталей разнообразны. Есть стали, предназначенные для долгого пребывания в морской воде, стали, выдерживающие высокую температуру и агрессивное действие горячих газов, стали, из которых делают мягкую увязочную проволоку, и

Название дисциплины

стали для изготовления упругих и жестких пружин. Такое разнообразие свойств вытекает из разнообразия составов сталей. Так, из стали, содержащей 1% углерода и 1,5% хрома, делают шарикоподшипники высокой стойкости; сталь, содержащая 18% хрома и 8-9% никеля, – это всем известная «нержавейка», а из стали, содержащей 18% вольфрама, 4% хрома и 1% ванадия, изготовляют токарные резцы. Это разнообразие составов сталей очень затрудняет их выплавку. Ведь в мартеновской печи и конвертере атмосфера окислительная, и такие элементы, как хром, легко окисляются и переходят в шлак, т.е. теряются. Значит, чтобы получить сталь с содержанием хрома 18%, в печь надо дать гораздо больше хрома, чем 180 кг на тонну стали. А хром – металл дорогой. Как найти выход из этого положения?

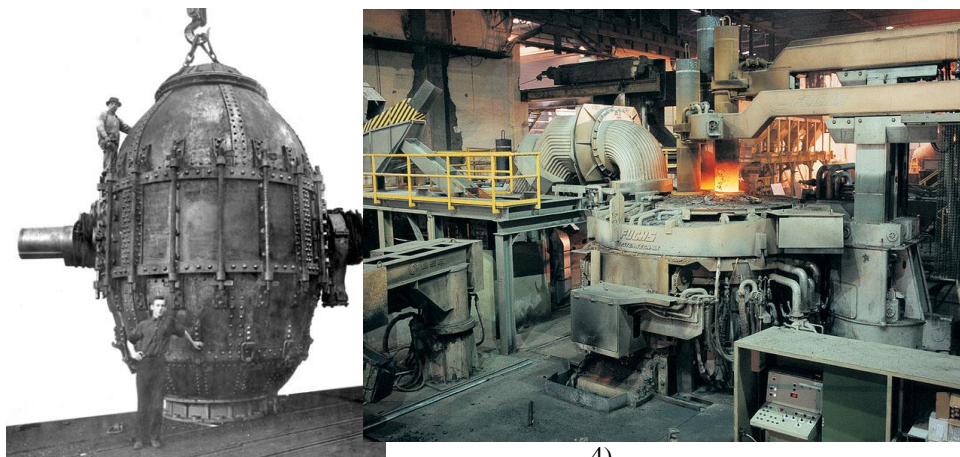


1)



2)

Название дисциплины



3)

4)

Рис.П1.3.7. Устройство для получения чугуна и стали:  
1 – доменная печь; 2 – вагранка; 3 – конвертер Бессемера; 4 –  
электрическая печь

Выход был найден в начале XX в. Для выплавки металла было предложено использовать тепло электрической дуги. В печь круглого сечения загружали металл, заливали чугун и опускали угольные или графитовые электроды. Между ними и металлом в печи («ванне») возникала электрическая дуга с температурой около 4000°С. Металл легко и быстро расплавлялся. А в такой закрытой электропечи можно создавать любую атмосферу – окислительную, восстановительную или совершенно нейтральную. Иными словами, можно предотвратить выгорание ценных элементов. Так была создана металлургия качественных сталей. Позднее был предложен еще один способ электроплавки – индукционный. Из физики известно, что если металлический проводник поместить в катушку, по которой проходит ток высокой частоты, то в нем индуцируется ток и проводник нагревается. Этого тепла хватает, чтобы за определенное время расплавить металл. Индукционная печь состоит из тигля, в футеровку которого вделана спираль. По спирали пропускают ток высокой частоты, и металл в тигле расплавляется. В такой печи тоже можно создать любую атмосферу.

Железный век продолжается. Примерно 9/10 всех используемых человечеством металлов и сплавов – это сплавы на основе железа. Железа выплавляется в мире примерно в 50 раз больше, чем алюминия, не говоря уже о прочих металлах. Пластмассы? Но они в наше время чаще всего выполняют в раз-



личных конструкциях самостоятельную роль, а если уж их в соответствии с традицией пытаются ввести в ранг «незаменимых заменителей», то чаще они заменяют цветные металлы, а не черные. На замену стали идут лишь несколько процентов потребляемых нами пластиков. Сплавы на основе железа универсальны, технологичны, доступны и в массе – дешевы.

По распространенности в литосфере железо находится на 4-м месте среди всех элементов и на 2-м месте после алюминия среди металлов. Его процентное содержание по массе в земной коре составляет 4,65 %. Железо входит в состав более трехсот минералов, но промышленное значение имеют только руды с содержанием не менее 16% железа: магнетит (магнитный железняк) –  $Fe_3O_4$  (72,4% Fe), гематит (железный блеск, или красный железняк) –  $Fe_2O_3$  (70% Fe), бурые железняки (гётит, лимонит и т.п.) с содержанием железа до 66,1% Fe, но чаще 30-55%. Таким образом, можно сказать, что сырьевая база этого металла тоже не вызывает опасений: уже разведанных запасов железных руд хватило бы по меньшей мере на два века вперед. Железу еще долго быть фундаментом цивилизации.

## 1.4. Такелажные работы

Такелажными называются работы по перемещению грузов грузоподъемным оборудованием с использованием канатов, тросов и т.п. Монтаж оборудования на предприятиях зернопереработки всегда имеет большой объем такелажных работ (многочисленность оборудования, большой вес, высотность сооружений, отмеченная выше). Подъем на большую высоту многотонного оборудования большой стоимости делает эти работы опасными и ответственными. Обрыв груза несёт многомиллионные убытки и катастрофичен: рушатся конструкции здания, под угрозой жизнь людей. Поэтому такелажные работы должны тщательно готовиться и заранее рассчитываться. Они важная часть работы инженерной службы монтажного оборудования. Расчёты такелажа являются обязательными в проекте производства работ и имеют юридический статус.

Инженерно-техническая подготовка такелажных работ включает:

- разработку схем производства грузоподъемных работ,
- выбор серийных средств перемещений: грузоподъемного оборудования (ГПО), грузоподъемных механизмов (ГПМ) и таке-

лажной оснастки;

- разработку крепящих конструкций, грузоприёмных устройств и приспособлений;

- расчёт такелажа (оснастки, крепящих конструкций).

К началу такелажных работ на монтажной площадке должны быть сооружены дороги, ведущие к монтажной зоне, устроены подъезды от железнодорожных путей к площадкам для укрупнительной сборки и подъема технологического оборудования. До начала использования стреловых самоходных кранов монтируют выносные площадки в монтажных проемах многоэтажных зданий строящихся (реконструируемых) предприятий.

### **1.4.1. Горизонтальное перемещение грузов**

Многочисленность видов оборудования не позволяет выработать какую-либо одну технологическую схему грузоподъёмных работ. Для каждого вида оборудования и грузовой ситуации должна заранее разрабатываться схема перемещения – схема производства такелажных работ. Она включает разработку маршрута перемещения, состоящего из горизонтальных и вертикальных перемещений (подъёма), с указанием вида средств перемещения.

Горизонтальное перемещение оборудования на монтажной площадке предприятия осуществляют автомобилями, автопогрузчиками или тракторами. Особо тяжелое оборудование перемещают волоком на стальных листах, имеющем отгиб, катках или салазках, при помощи тракторов или лебедок.

Технически грамотное использование многообразного такелажного оборудования и оснастки при условии обеспечения безопасности ведения монтажных работ без излишних запасов прочности связано с их расчетом.

Расчет такелажных средств и оснастки сводится к решению следующих двух вопросов:

1. Определение максимальных расчетных усилий, возникающих в различных элементах такелажных средств в процессе подъема и перемещения оборудования и конструкций.

2. Расчет конструктивных размеров этих элементов с учетом максимальных нагрузок, действующих на них, или подбор стандартного такелажного оборудования по расчетным нагрузкам.

Тяговое усилие, необходимое для перемещения тяжеловесного оборудования по горизонтальной поверхности,

Название дисциплины

$$P=Qf,$$

где  $Q$  – вес груза, включая сани или лист, на которых перемещают груз;  $f$  – коэффициент трения скольжения груза (саней или листа) относительно опорной поверхности.

При перевозке грузов с подъемом более  $15^\circ$  тяговое усилие определяется по формуле

$$P=Q(\sin\alpha+f \cos\alpha),$$

где  $\alpha$  – угол подъема, град.

При угле подъема меньше  $15^\circ$  значение  $\cos\alpha$  близко к 1, и формула может быть упрощена.

В связи с тем что коэффициент трения покоя в среднем в 1,5 раза больше коэффициента трения движения, расчетное тяговое усилие при сдвиге груза с места необходимо увеличить в 1,5 раза.

Значение коэффициента  $f$  зависит от материала взаимодействующих поверхностей. Так, при перемещении стального листа по бетону  $f= 0,45$ , а по стали  $f= 0,15$ .

При перемещении оборудования на катках из труб необходимое тяговое усилие  $P$  определяют по следующим формулам:

по горизонтальной поверхности

$$P=Q(K_k+K_r)/d,$$

где  $K_k$  и  $K_r$  – коэффициенты трения качения соответственно между поверхностью качения и катками и между катками и грузом (для стали по бетону 0,06; для стали по стали 0,05);  $d$  – диаметр катков, см;

по наклонной поверхности

$$\alpha > 15^\circ \quad P=Q[\sin \alpha +\cos\alpha (K_k+K_r)]/d;$$

$$\alpha < 15^\circ \quad P=Q(\sin \alpha +(K_k+K_r)/d).$$

По найденным тяговым усилиям рассчитывают такелажную оснастку и подбирают тяговый механизм.

Внутри здания оборудование часто перемещают, используя электрические и ручные рычажные лебедки. Для предотвращения смещения лебедок в ходе работ их нагружают балластом или крепят к строительным конструкциям.

При креплении лебедок к строительным конструкциям необходимо предварительно сделать проверочный расчет несущей способности конструкции с учетом приложения дополнительной нагрузки и согласовать предлагаемый вариант крепления лебедки с проектной организацией или заказчиком.

Усилие, препятствующее горизонтальному смещению лебедки,

$$P_{см} = S-T_c ,$$

Название дисциплины

где  $S$  – усилие в канате, идущем на барабан лебедки;  $T_c$  – сила трения рамы лебедки об опорную поверхность:

$$T_c = (Q_l + Q_b) f.$$

Здесь  $Q_l$  – вес лебедки;  $Q_b$  – вес балласта (если он имеется).

Для изменения направления движения тягового каната (троса) устанавливают отводные блоки, которые крепят так, чтобы канат тяговой лебедки подходил к ним в горизонтальном или близком к горизонтальному положении. Отводные блоки должны быть установлены от лебедки на расстоянии, большем двадцатикратной длины барабана лебедки. Угол схода каната с лебедки должен быть не менее  $6^\circ$ , что обеспечивает нормальную укладку каната на барабан.

Усилие, воспринимаемое строительными конструкциями в точке крепления отводного блока, больше тягового усилия лебедки и составляет:

$$P_{СК} = 2SK \cos \alpha/2,$$

где  $SK$  — натяжение каната;  $\alpha$  – угол между ветвями каната.

При использовании барабанных лебедок небольшой грузоподъемности в условиях отсутствия возможности их закрепления к строительным конструкциям для предотвращения их опрокидывания применяют балласт, укладываемый на раму лебедки.



а)



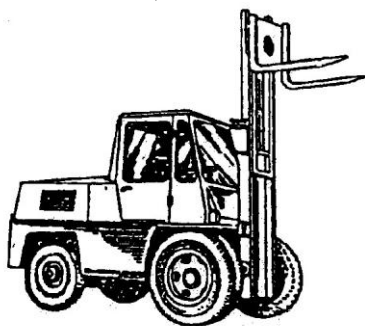
б)



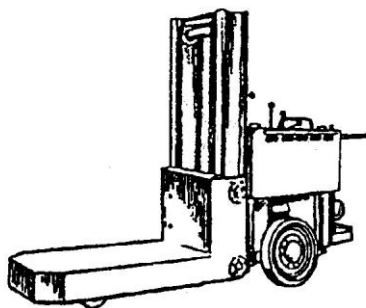
б)



z)



д)



е)

Рис.1.4.1. Машины для горизонтального перемещения грузов по монтажной площадке: *a* – гусеничный трактор Челябинского завода; *б, в* – колесные тракторы Санкт-Петербургского завода; *z* – автомобильный тягач; *д* – вилчатый погрузчик; *е* – электропогрузчик с платформой

Автомобильные тягачи и прицепы-тяжеловозы применяют для перевозки тяжеловесного технологического оборудования и передислоцирования гусеничных стреловых кранов и тракторов. Наиболее употребительны автомобильные тягачи МАЗ-500А, МАЗ-5335, КамАЗ-5320 и КраЗ-257Б1 (грузоподъемность их соответственно 8; 8; 8 и 12 т) и прицепы-тяжеловозы МАЗ-5203, ЧМЗАП-5208, ЧПТ-60 (грузоподъемность их соответственно 19,5; 40 и 60 т), рис.1.4.1.

Тракторы используют для перемещения по строительной площадке и на первых этажах производственных корпусов на саях (полозах) тяжеловесного технологического оборудования. Наиболее распространены в монтажных организациях тракторы С-80, С-100, Т-130 и К-700. Тяговое усилие на крюке на передачах I-V для этих тракторов составляет соответственно (в кН) 88-15; 90-15; 90-6,5; 60-2,5.

Погрузку на транспортные средства проводят автомобильными кранами и автопогрузчиками.

При использовании погрузчиков следует учитывать, что их грузоподъемность для грузов равной массы, но различных габаритов неодинакова, так как она зависит от расположения центра масс груза относительно переднего моста погрузчика. Эта зависимость грузоподъемности погрузчика приводится в виде графика в его техническом паспорте, а также в кабине или на стреле. Поэтому для производства такелажных и погрузочно-разгрузочных работ погрузчик выбирают исходя из габаритов и массы перемещаемых грузов.

#### **1.4.2. Перемещение и установка оборудования и металлоконструкций в проектное положение**

Поднимают и устанавливают технологическое оборудование, металлоконструкции и трубопроводы в проектное положение с помощью самоходных стреловых кранов, подъемников и других средств.

В тех случаях, когда монтаж оборудования осуществляется сразу после строительства и вес машины большой, используют строительные башенные краны (рис.1.4.2).



1)



2)



3)



4)

Рис.1.4.2. Грузоподъемные устройства, используемые для вертикальных грузов при монтажных работах:

1 – автомобильный кран; 2 – башенный кран; 3 – гусеничный кран;

4 – самоподъемный кран типа «кенгуру», используемый на строительстве высотных зданий

При разработке проекта на монтаж оборудования и конструкций проверяют все параметры предстоящего подъема (массу и габариты монтируемого оборудования, высоту подъема груза на проектную отметку, компоновку оборудования, конфигурацию зданий и (сооружений в монтажной зоне и др.).

Выбирают стреловые самоходные краны для монтажа технологического оборудования и конструкций по грузовысотным характеристикам, представляющим собой зависимость (в виде таблицы или графика) грузоподъемности крана от вылета стрелы и высоты подъема крюка.

При выборе монтажного крана проверяют возможность размещения груза по своим габаритам в подкрановом пространстве. В технических характеристиках кранов сведения по свободному подстреловому пространству для каждого положения стрелы отсутствуют, поэтому при подъеме крупногабаритного оборудования его рекомендуют проверять графически.

Наиболее совершенный – автоматизированный выбор кранов по их технико-экономическим характеристикам с использованием компьютерных технологий.

## Название дисциплины

В результате получают следующую информацию: перечень кранов, пригодных для монтажа заданного оборудования, перечень требуемого стрелового оборудования для каждого принятого крана и наиболее рациональный режим его работы (тип рабочего крюка, использование опор и т. д.); области возможных стоянок (или осей проходов) для каждого принятого крана; перечень причин, препятствующих использованию крана для монтажа оборудования.

При выборе грузоподъемных средств для монтажа технологического оборудования и конструкций конкретного объекта руководствуются также экономической целесообразностью. В общем случае сравнивают затраты, характеризующие применение тех или других грузоподъемных средств. Наиболее эффективен вариант с наименьшими затратами.

Подготовку исходных данных и обработку результатов расчетов могут выполнять специалисты проектно-конструкторских и монтажных организаций.

При выполнении механомонтажных работ в специфических условиях действующих предприятий возможности применения грузоподъемных машин, как правило, ограничены. Поэтому важным становится подбор и обеспечение эффективного применения кранов в стесненных условиях работ по реконструкции и техническому перевооружению действующих предприятий.

Фактор стесненности по-разному сказывается на разных этапах строительства объекта и работы механизмов.



Рис.1.4.3. Транспортировка башенного крана

Первый этап – транспортирование кранов к месту работы (рис.1.4.3). Показатели стесненности на этом этапе: ограничение высотных габаритов и ширины проезжей части при передвижении по прямой; минимальный радиус поворота кранов; вписываемость в кривые при передвижении. Необходимость определения этих



показателей возникает в связи с наличием на действующих предприятиях технологических коммуникаций и плотностью застройки площадей.

Второй этап – подготовка крана к работе. Показателями стесненности на этом этапе являются ограничения размеров: площадки для доставки и установки рабочего оборудования крана; площадки для установки вспомогательного крана, необходимого при сборке основного; высотных габаритов при сборке и установке рабочих органов.

Третий этап – работа крана на демонтаже, монтаже или погрузочно-разгрузочных работах определяется ограничениями рабочей зоны крана, его маневренности.

Четвертый этап – подготовка крана к демонтажу и транспортированию. Особенности работы в стесненных условиях заключаются в ограничении или отсутствии площадки для демонтажа сменного оборудования и установки вспомогательного крана. Такая ситуация возникает в тех случаях, когда смонтированные элементы здания или сооружения заняли имевшиеся на предыдущих этапах площади.

Возможные решения в таких случаях: опускание стрелового оборудования на место установки крана с одновременным передвижением в сторону контргруза; использование других грузоподъемных кранов, размещенных в зоне демонтируемого оборудования, и т. п.

Минимальные размеры площадки для работы кранов равны площади, занимаемой краном, с учетом выступающих деталей и радиуса, описываемого поворотной частью противовеса.

Грузы с помощью стреловых кранов, как правило, поднимают и подают на междуэтажные перекрытия или на предварительно смонтированные с наружной стороны монтажного проема выносные площадки, а затем с помощью лебедок и отводных блоков перемещают внутри этажа.

При монтаже вертикальных и горизонтальных аппаратов и агрегатов, а также блоков подвесных внутрицеховых конвейерных путей используют спаренные краны, если кран необходимой грузоподъемности на объекте отсутствует или конфигурация и габариты оборудования и конструкций не вписываются в подстреловое пространство и др.

Работу спаренными стреловыми кранами производят в соответствии с проектом производства работ, разработанным специализированной проектно-конструкторской организацией. В проекте приводят схемы строповки и перемещения груза с описа-

нием последовательности выполнения операций, положения грузовых канатов, указания по безопасному подъему и перемещению груза. При подъеме груза нагрузка, приходящаяся на каждый кран, не должна превышать 90% его установленной грузоподъемности. При монтаже вертикальных аппаратов с помощью спаренных кранов обычно предусматривают один-два вида маневра (подъем и перемещение или подъем и поворот стрелы), при монтаже горизонтальных аппаратов – три-четыре вида маневра (подъем, поворот стрелы, изменение вылета стрелы и перемещение). При подъеме оборудования двумя кранами используют балансирующую траверсу.

В тех случаях, когда масса, габариты и условия расположения поднимаемого оборудования и конструкций выходят за пределы паспортных грузовысотных характеристик кранов с обычным стреловым оснащением, целесообразно поднимать и устанавливать оборудование и конструкции кранами с маневренными расчлененными стрелами, стрелами, опирающимися на А-образные шевры, а также со спаренными кранами, соединенными ригелем. Эти способы обеспечивают расширение области применения самоходных кранов. При этом нагрузки на элементы кранов не должны превышать допустимых при обычном режиме и с помощью кранов можно только поднимать и опускать груз.

При монтаже технологического оборудования на значительной высоте и в случае выполнения работ, требующих большого подстрелового пространства, монтаж проводят методом скольжения с помощью кранов, оснащенных башенно-стреловым оборудованием (БСО). Следует учитывать, что спаренные краны с БСО можно применять при выполнении рабочих операций подъема, опускания и изменения вылета крюка без передвижения и поворота платформы. Технология монтажа с применением этого оборудования аналогична технологии подъема кранами, оснащенными стрелами (рис.1.4.4).

Самоходным стреловым краном с маневренной расчлененной стрелой (рис.1.4.5) можно выполнять подъем и опускание груза.

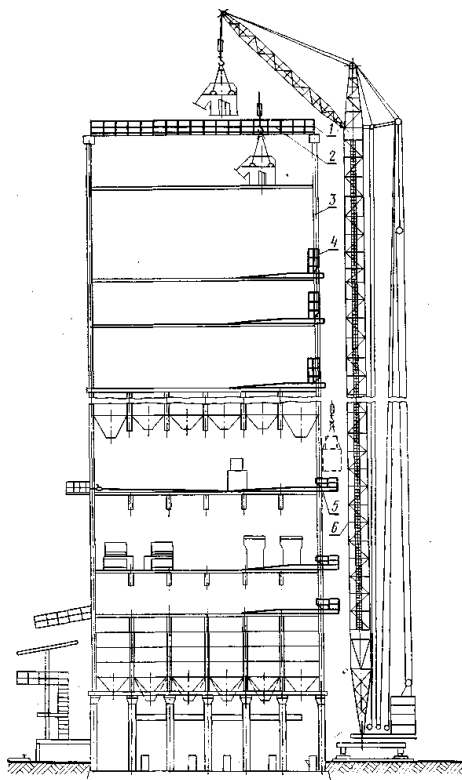


Рис.1.4.4. Схема подъема оборудования башенным краном на этажи здания элеватора: 1 – ограждение; 2 – монтажный проем в крыше; 3 – монтажный проем в стене; 4 – площадка для приема оборудования в нерабочем положении; 5 – площадка для приема оборудования в рабочем положении; 6 – башенный кран

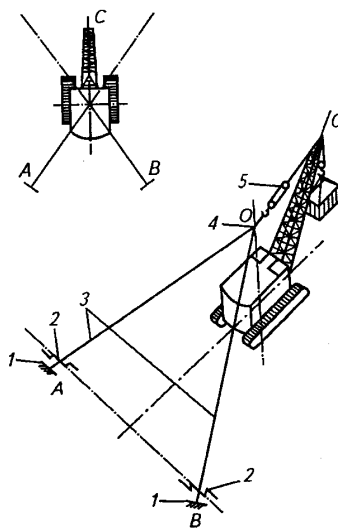


Рис.1.4.5. Схема самоходного стрелового крана с маневренной расчлененной стрелой: 1 – наземные якоря; 2- регулировочные лебедки; 3 – ветви расчалки; 4 – соединительная траверса; 5 – полиспаст расчалки

При подъеме оборудования прием грузов осуществляется на универсальную площадку (рис.1.4.6).

В зависимости от типа проема в стене здания площадку можно устанавливать на уровне перекрытия или в оконном проеме.

Площадка состоит из основания 2, к которому крепится шарнирно откидная панель 1 с ограждением. Основание крепят болтами к полу или при помощи станины и двух распорок 4 к балкам перекрытия.

Название дисциплины

Крепящие конструкции: откидная площадка, шарнир, ось шарнира, основание, хомуты, распорка, пяточная опора – должны быть рассчитаны на прочность.

Чертежи площадки разрабатываются монтажной организацией по всем правилам ЕСКД.

Груз кранами необходимо поднимать вертикально.

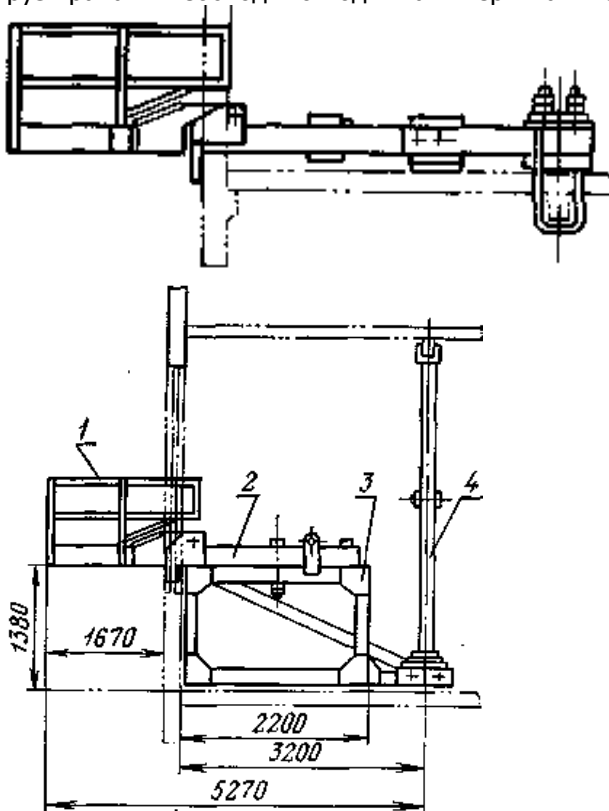


Рис.1.4.6. Универсальная грузоподъемная площадка:  
1 – откидная площадка с ограждением, 2 – основание; 3 – станина, 4 – распорки

В ряде случаев у не очень подготовленных монтажников возникает желание подтащить груз краном или поднять его не вертикально, а под углом. При таком способе возможно опрокидывание крана или излом колонны или стрелы (рис.1.4.7).



Рис.1.4.7. Авария башенного крана вследствие нарушения условий подъема грузов

Условия, при которых возможно такое явление, показаны на рис.1.4.8.

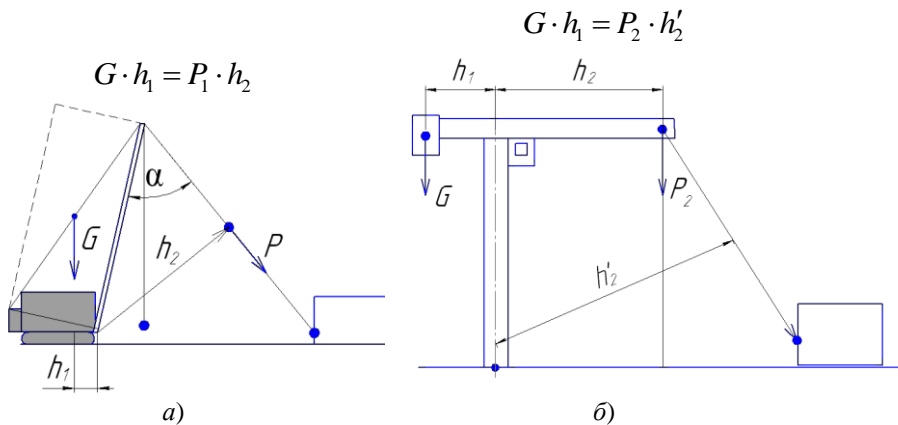


Рис.1.4.8. Схемы действия сил при подъеме груза под углом, когда возможно опрокидывание крана: а –  $P_1 h_2 > G h_1$ ; б –  $P_2 h'_2 > G h_1$

### 1.4.3. Грузоподъемные устройства небольшой производительности

Монтажная организация при проведении работ различные краны берет на прокат. Арендная плата за использование кранов высокая. Поэтому если вес поднимаемых грузов небольшой, то для их подъема используют выносную стрелу и лебедку. Схема такого устройства показана на рис.1.4.9.

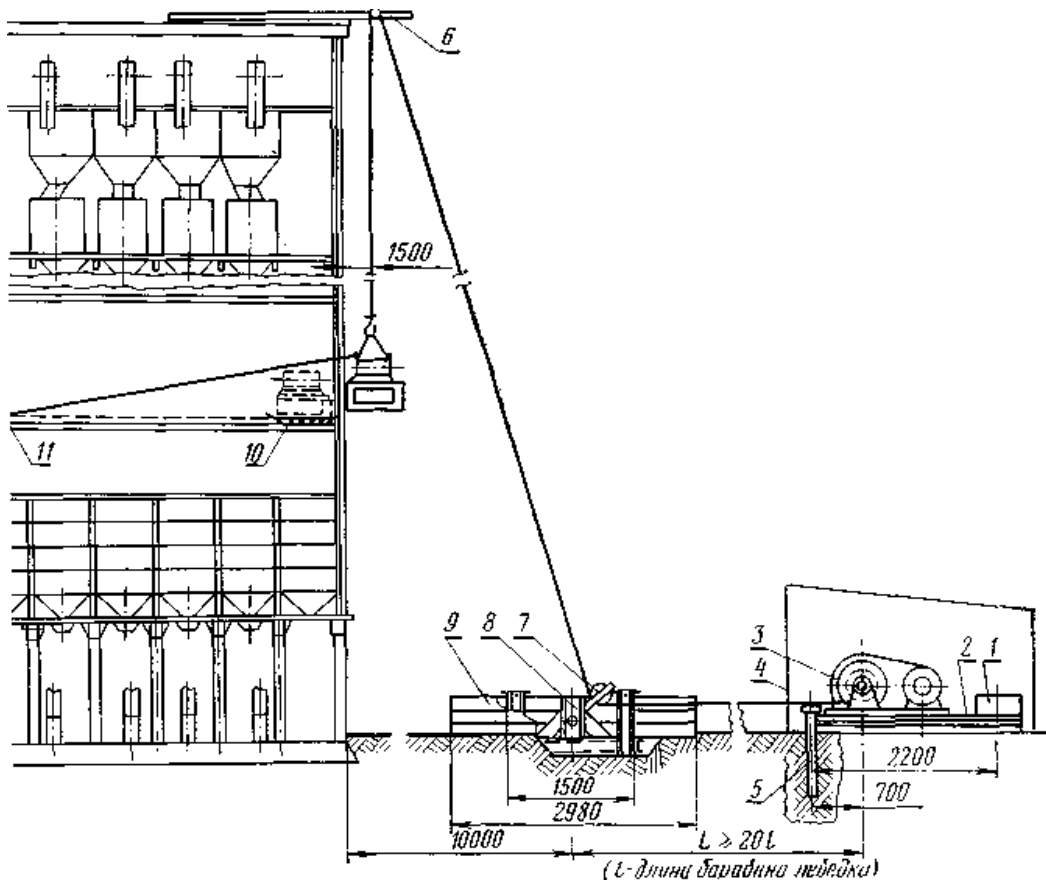


Рис.1.4.9. Схема подъема оборудования на этажи здания элеватора лебедкой при помощи выносной стрелы: 1 – бетонный блок противовеса лебедки; 2 – рама для установки лебедки и противовеса; 3 – электрическая лебедка; 4 – временный навес над лебедкой; 5 – свайный якорь (швеллер № 22,  $l=2400$  мм); 6 – выносная стрела; 7 – однорольный блок (отводной); 8 – рама для якоря отводного блока; 9 – якорь отводного блока из бетонных плит массой 10 т; 10 – инвентарные поддон и катки; 11 – лебедка рычажная для оттяжки и горизонтального перемещения оборудования

В рассматриваемом случае выносная стрела 6 закрепляется на кровельном перекрытии, электрическая лебедка 3 устанавли-

## Название дисциплины

вается на уровне земли (см. рис.1.4.9). В этом случае монтажная организация должна изготовить и установить: раму 2 лебедки с противовесом 1, закреплённую на свайном якоря 5; выносную стрелу 6 на крыше здания; отводной блок 7 на раме 8 и якоря 9 из бетонных плит массой 10 т. Всё это требует дополнительных затрат, но избавляет от дорогого крана.

Достоинством работ с выносной стрелой является отсутствие дорогого крана и сложной приёмной площадки. Недостаток – сложность затягивания висящего груза в здание, необходимость трудоёмкого монтажа самих грузоподъёмных устройств: выносной стрелы, лебёдки, обводного блока. Фактически монтажники должны сделать самодельный кран.

При подъеме лебедкой и выносной стрелой грузы затягивают на этажи через монтажные проемы ручными лебедками 11 без применения откидных площадок. На этаже груз устанавливается на поддон 10, затем оборудование перемещают ручными лебедками по инвентарным рельсам или на катках.

В более простых случаях вертикальный подъем оборудования для установки его на проектные отметки проводят в зависимости от местных условий лебедками, талями, пристенными подъемниками, ручными и электрическими тельферами, домкратами, блоками и полиспастами.

В зависимости от исполнения лебедки можно подразделить: по типу привода — на лебедки с ручным и машинным приводом; по типу тягового элемента — на канатные и цепные; по типу установки – на неподвижные (закрепленные на полу, стене, потолке) и передвижные (на тележках, передвигающихся по полу или по подвесным путям); по числу барабанов – на одно-, двух- и многобарабанные лебедки; по типу барабанов — на нарезные, гладкие и фрикционные.

Ручная барабанная лебедка (рис.1.4.10, а) состоит из двух щек 4, соединенных болтами 3, образующих станину, в которой установлена ось для свободного вращения барабана 5. Последний получает вращение от рукоятки 1 через зубчатые колеса. Поднимаемый груз в определенном положении удерживается храповым механизмом, состоящим из храпового колеса с собачкой 6, один конец каната присоединяют к барабану, а на второй крепят крюк.

Ручная рычажная лебедка (рис. 1.4.10, б) состоит из корпуса 13, в котором располагается тяговый механизм. Лебедка имеет два крюка. Крюк 11 крепят к перемещаемому оборудованию, а крюк 8 – к неподвижной опоре-якорю. При закреплении лебедки канат 12 сматывается с катушки 7. Канат перемещают сквозь ме-



Название дисциплины

ханизм лебедки с помощью рукоятки 10, а возвращают с помощью рукоятки 9.

В электрических лебедках (рис.1.4.11) барабан получает вращение от электродвигателя, соединенного с корпусом редуктора.

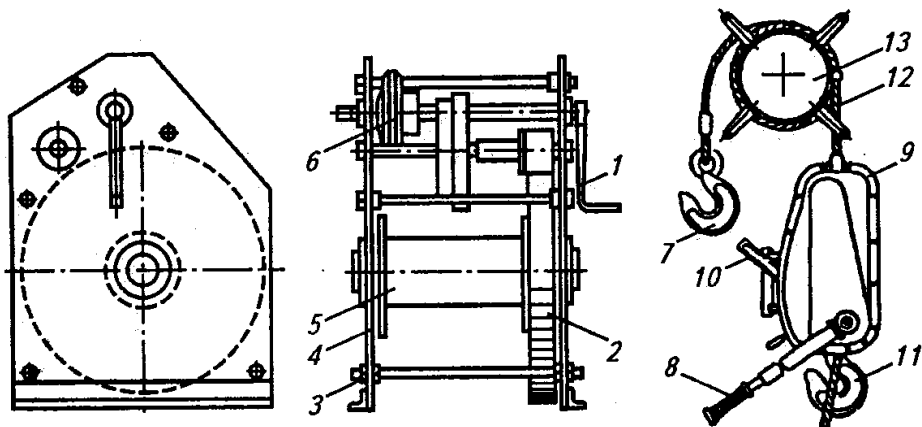


Рис.1.4.10. Лебедки ручные: а – с барабаном; б – рычажная; 1 – рукоятка; 2 – большое зубчатое колесо; 3 – стяжной болт; 4 – щека; 5 – барабан; 6 – храповое колесо с собачкой; 7 – катушка; 8, 11 – крюки; 9 – рукоятка обратного хода; 10 – рукоятка прямого хода; 12 – канат; 13– корпус лебедки

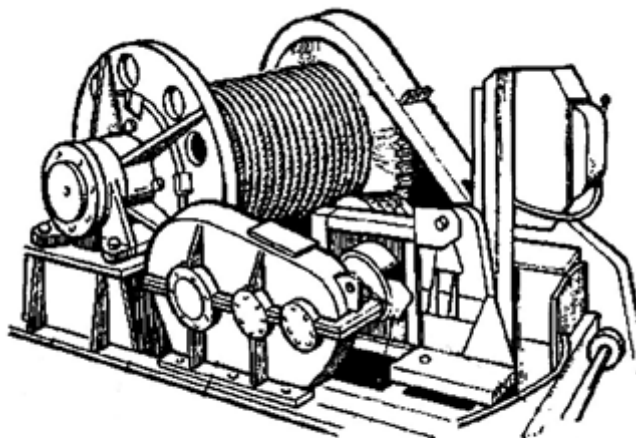


Рис 1.4.11 Лебедка барабанная с электроприводом

На свободном конце вала электродвигателя установлен шкив колодочного тормоза, предназначенного для фиксации положения барабана. Направление вращения барабана изменяют путем реверсирования электродвигателя. На втором конце быстрого вала редуктора установлен электроиндукционный тормоз, предназначенный для плавного регулирования скорости опускания груза.

При выполнении монтажных работ лебедки должны быть закреплены от смещения. Для этого используют элементы строительных конструкций: колонны ригеля, стены и специальные анкерные устройства – якоря.

Для подъема груза на небольшую высоту применяют тали. По приводу их разделяют на ручные и электрические. Ручные тали бывают червячные грузоподъемностью  $G=1-12,5$  т и высотой подъема до 3 м, и шестеренные, грузоподъемностью  $G=0,25-5$  т и высотой подъема до 12 м. Если таль устанавливают на тележке, передвигающейся по монорельсу, то это устройство называется тельфером.

Ручную червячную таль (рис. 1.4.12, а) подвешивают к конструкциям на крюке 3. Приводное колесо 4 связано с червяком, который, в свою очередь, входит в зацепление с червячным колесом, находящимся на одной ступице со звездочкой 2. Через приводное колесо перекинута сварная калиброванная цепь. Перебирая руками цепь, приводят во вращение колесо, от которого через червячную передачу передается вращение звездочке 2. Через нижний блок тали и звездочку 5 проходит пластинчатая грузовая цепь 1. При вращении звездочки 2 цепь сокращается по длине, и груз, подвешенный к крюку 3, перемещается. В зависимости от направления вращения приводного колеса груз будет подниматься или опускаться. Таль приводят в действие один или два рабочих в зависимости от массы груза. Грузовой крюк 3 может вращаться вокруг своей оси.

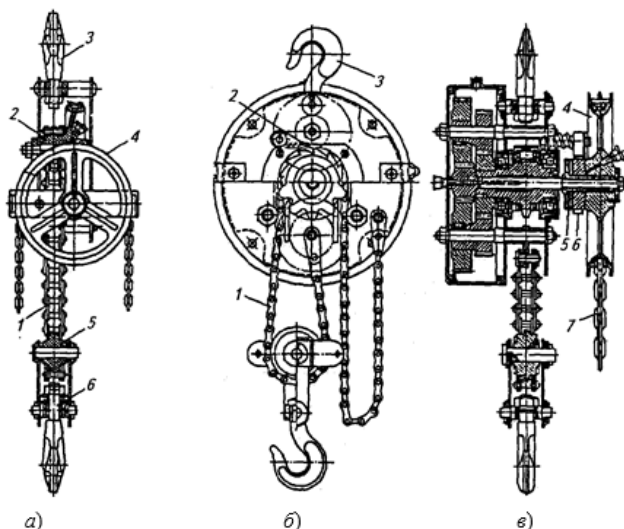


Рис.1.4.12. Ручные тали: а – червячная; б, в – шестеренная; 1 – пластинчатая цепь; 2, 5 – звездочки; 3 – крюк; 4 – приводное колесо; 6 – храповое колесо; 7 – цепь

Для расширения зоны действия таль подвешивают к тележке, называемой кошкой, которая имеет два или четыре ходовых колеса для перемещения по полкам нижнего пояса двутавровой балки.

Шестеренную таль (рис.1.4.12, б) подвешивают к опоре за крюк 3. Привод тали осуществляют с помощью бесконечной цепи 7, находящейся в зацеплении с приводным колесом 4. Грузовым элементом в таких таях служит пластинчатая цепь 1 или сварная калиброванная. Поднятый груз удерживают в неподвижном состоянии звездочкой 5 тормоза, который фиксируется транспортируемым грузом. В этом случае ступицу приводного колеса 4 выполняют в виде гайки, зажимающей храповое колесо 6 тормоза. Звездочку 2 тормоза укрепляют на корпусе тали.

Электрическая таль с двигателем, встроенным в барабан (рис.1.4.13), серии ТЭ имеют грузоподъемность 0,5; 1; 2; 3,2; 5; 8; 12,5 и 16 т. Статор 4 асинхронного двигателя этих электроталей запрессован в барабан 5. С одной стороны (слева) от барабана расположен двухступенчатый соосный редуктор с шестернями 1, 8 и зубчатыми колесами 9, 2, грузоупорный винтовой тормоз 10 и колодчный электромагнитный тормоз 11, а с другой стороны (справа) – шкафы с электроаппаратурой управления. Крутящий момент от редуктора передается через зубчатую муфту 7. Ввиду того, что статор двигателя вращается вместе с барабаном, для подвода электроэнергии к статору таль снабжают кольцевым то-

коприемником б.

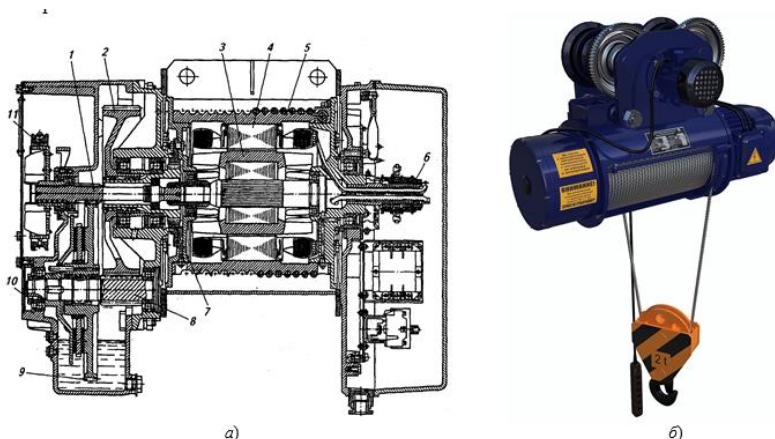


Рис.1.4.13. Электрическая таль с двигателем, встроенным в барабан: а – устройство: 1, 8 – шестерни; 2, 9 – зубчатые колеса; 3 – ротор; 4 – статор; 5 – барабан; 6 – кольцевой токоприемник; 7 – зубчатая муфта; 10 и 11 – винтовой и электромагнитный тормоза; б – общий вид

Электротельферы перемещаются по подвесным путям, выполненным из двух тавровых балок. Грузоподъемность тельферов от 0,5 до 5 т, максимальная высота подъема 12 м.

Домкраты применяют при ограниченном подъеме оборудования и конструкций в процессе их выверки на фундаменте или основании. Домкраты (рис.1.4.14) по конструкции подразделяют на винтовые, реечные и гидравлические. При монтажных и такелажных работах используют реечные домкраты грузоподъемностью от 3 до 7 т, винтовые – от 3 до 20 т, гидравлические – от 10 до 200 т.

К средствам малой механизации относят также монтажные мачты, шевры (порталы), якоря, блоки, полиспасты и траверсы.

Монтажные мачты принимают только в тех случаях, когда из-за стесненности монтажной площадки невозможно использовать стреловые краны. Монтажные мачты изготовляют трубчатой конструкции грузоподъемностью 3—20 т из труб  $\pi$  159х6—426х12 мм, высотой от 8 до 25 м.

Шевры (порталы) применяют при подъеме и подаче оборудования непосредственно в монтажный проем в стене здания.

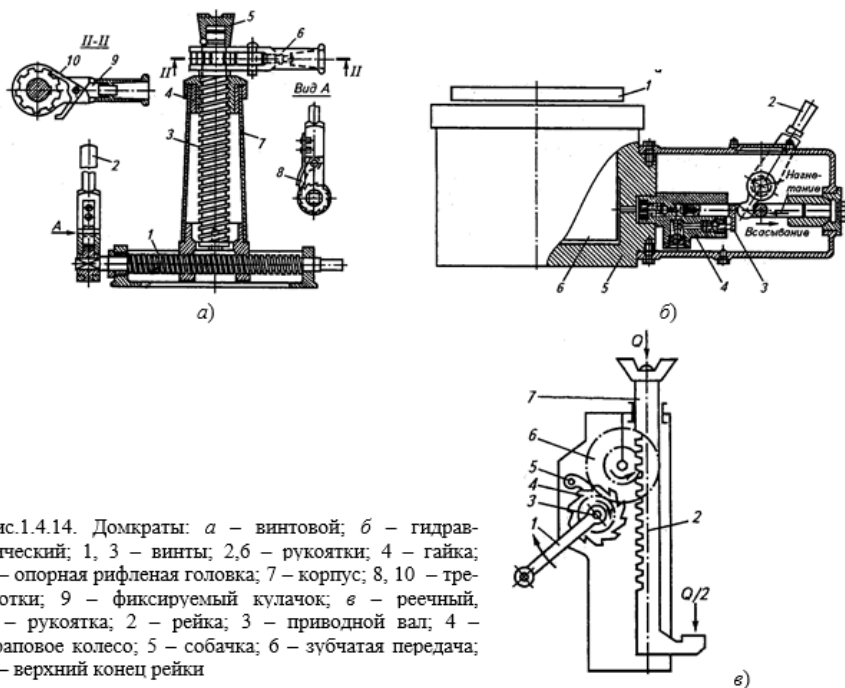


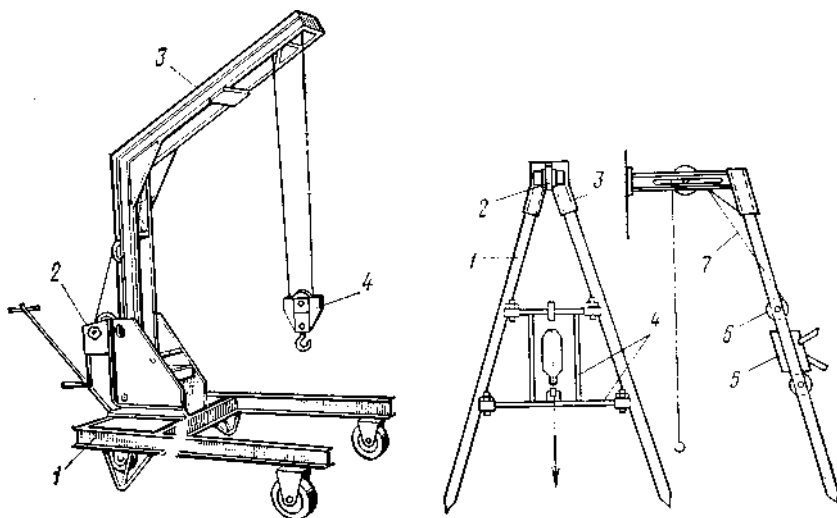
Рис.1.4.14. Домкраты: а – винтовой; б – гидравлический; 1, 3 – винты; 2, 6 – рукоятки; 4 – гайка; 5 – опорная рифленая головка; 7 – корпус; 8, 10 – трещотки; 9 – фиксируемый кулачок; в – реечный; 1 – рукоятка; 2 – рейка; 3 – приводной вал; 4 – храповое колесо; 5 – собачка; 6 – зубчатая передача; 7 – верхний конец рейки

Для подъема оборудования на незначительную высоту внутри здания при его установке (например, при установке пакетов прокладок) применяют домкраты, полиспасты, лебедки, рычажные механизмы с соответствующим креплением.

Краны-тележки (рис.1.4.15, а) предназначены для перемещений нетяжёлого оборудования и монтажных заготовок внутри помещений. Грузоподъемность крана-тележки небольшая – 1 т, высота подъема груза – 2,2 м, усилие на рукоятке – 250 Н.

Подъемники (рис.1.4.15, б) осуществляют монтаж оборудования, трубопроводов, расположенных вдоль стен и перегородок.

Название дисциплины



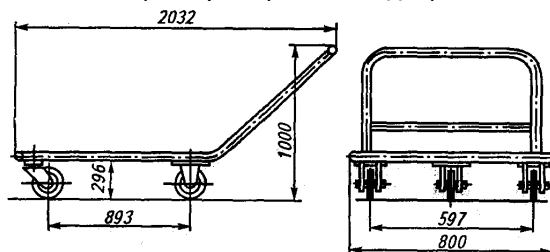
а)

б)

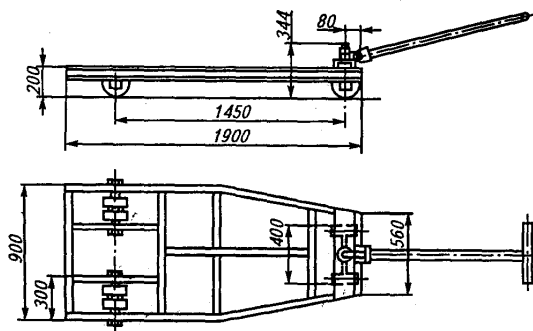
Рис.1.4.15. Средства малой механизации монтажных работ:  
а – кран-тележка: 1 – рама; 2 – лебедка;

3 – стрела; 4 – подъемный крюк; б – пристенный подъемник: 1 – опора; 2, 6 – блоки;

3 – консоль; 4 – рама; 5 – лебедка; 7 – канат



а)



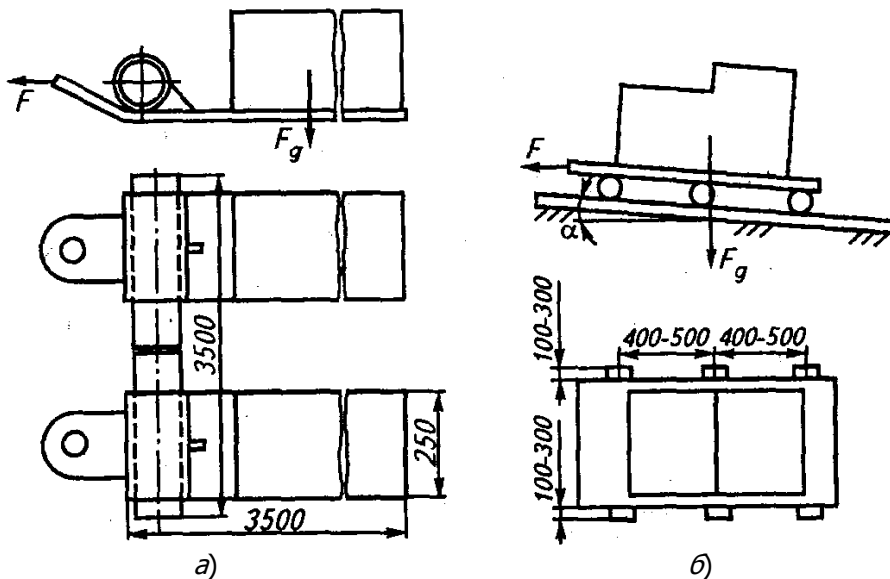
б)

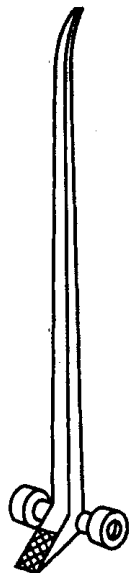
Рис.1.4.16. Тележки для перевозки грузов и монтажных заготовок:

а – грузоподъемностью 0,5 т; б – грузоподъемностью 3 т

Для транспортировки грузов на монтажных площадках, а также внутри помещений с твердым покрытием применяют тележки различной конструкции (рис.1.4.16).

Тяжеловесное оборудование перемещают с помощью тягачей или лебедок по полозьям (рис.1.4.17, а) из листовой стали толщиной 4 мм, шириной 500-3500 мм и катков (рис.1.4.17, б), изготовленных из стальных труб диаметром 80-150 мм, или бревен из твердых пород дерева диаметром 150-250 мм.





в)

Рис.1.4.17. Перемещение оборудования на полозьях (а) и катках (б); в – лом роликовый

Для горизонтального перемещения легкого оборудования (массой до 2 т) применяют роликовые ломы (см. рис.1.4.17, в). Один конец лома изготовлен в виде лопатки, на верхней поверхности которой сделана насечка, обеспечивающая предотвращение смещения

#### 1.4.4.Такелажная оснастка

Под такелажной оснасткой понимают все дополнительные элементы для проведения такелажных работ. К ним относятся: блоки, канаты, цепи, грузовые крюки, крановые подвески, стропы, траверсы и специальные захваты.

Блоки, бывают 2-х видов: грузовые и отводные. Блоки, используемые для подъема груза, называют грузовыми, а для изменения направления движения каната – отводными.

Блок состоит из ролика, вращающегося на оси в подшипниках, двух щек, проушин для крепления мертвой петли, крюка или петли для подвешивания груза. Ролик по наружному периметру имеет канавку для каната. Его диаметр должен быть не менее 16-20 диаметров каната. В зависимости от числа роликов и назначе-



Название дисциплины

ния блоки подразделяют на блоки монтажные (БМ) и обоймы блочные монтажные (ОБМ). БМ – однорольные блоки, их применяют для подъема легких грузов и как отводные для изменения направления движения каната, в том числе и полиспастных систем. Для удобства оснастки блоков канатом их выполняют с откидной щекой, съемной серьгой или крюком (рис.1.4.18). ОБМ – многорольковые блоки, число роликов может быть 13, и вращаются они на оси самостоятельно, независимо один от другого. Их используют в основном для подъема груза.

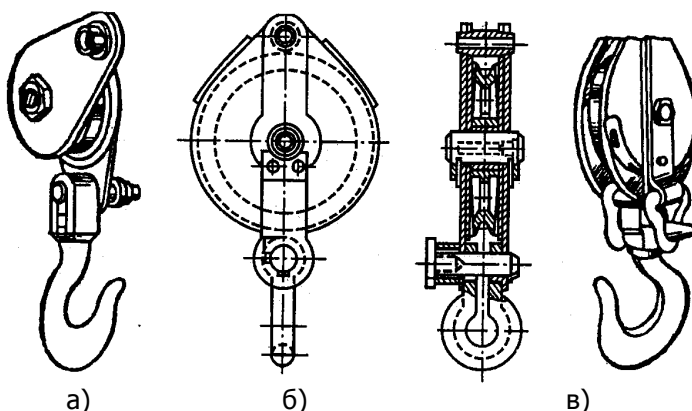
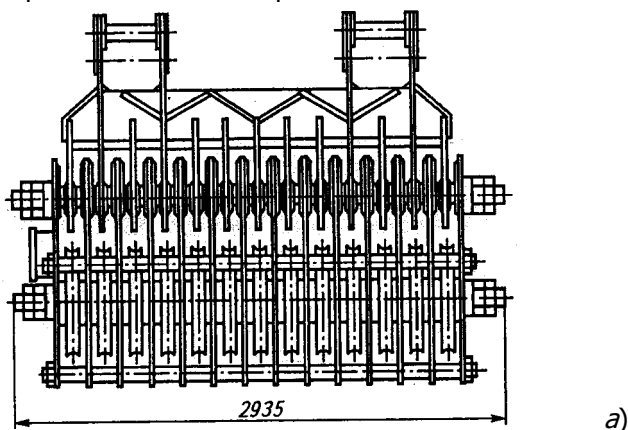


Рис.1.4.18. Отводные блоки: а – с откидной щекой; б – со съемной серьгой; в – со съемным крюком

Если при подъеме используют несколько блоков, то такая соединительная единица называется блочной обоймой. Пример такого устройства показан на рис.1.4.19.



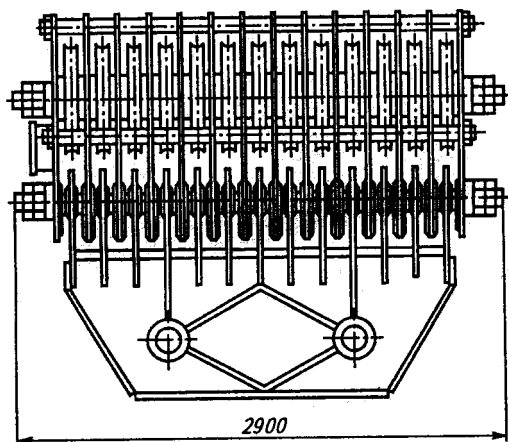


Рис.1.4.19. Блочная обойма ОБМ-630 с тяговой силой 6300 кН:

а – неподвижная; б – подвижная

К гибким органам грузоподъемных машин относят канаты и цепи. Наиболее распространены стальные канаты. Он состоит из проволок, свитых в пряди. Канаты подразделяют по типу прядей на канаты с линейным касанием проволок между слоями (ЛК) и точечно-линейным касанием (ТЛК) проволок в прядях; по конструктивному признаку – двойной свивки, состоящей из прядей, свитых в один концентрический слой; по материалу сердечника – с органическим сердечником (ОС) и металлическим сердечником (МС) из канатной проволоки; по маркировочной группе в зависимости от временного сопротивления разрыву – 1568 МПа (160 кгс/мм<sup>2</sup>) и более [предпочтительно 1764 МПа (180 кгс/мм<sup>2</sup>)].

В такелажных средствах используют стальные канаты двойной свивки. В зависимости от числа проволок в каждой пряди канаты разделяют на три типа. Канаты первого типа служат для оснастки монтажных лебедок, полиспастов, грузовых подвесок монтажных кранов и изготовления стропов, второго и третьего типов — для изготовления одно- и многоветвевых нерегулируемых по длине под нагрузкой расчалок, оттяжек и тяг.

В качестве грузовых рекомендуются канаты типа ЛК-РО конструкции 6х36 (ГОСТ 7668-80) и канаты типа ТЛК-О конструкции 6х37 (ГОСТ 3079-80), а для поддерживающих (расчалок и оттяжек) – канаты по ГОСТ 2688-80, ГОСТ 3077-80 и ГОСТ 3068-74. Для изготовления стропов применяют канаты по ГОСТ

7668-80, ГОСТ 3079-80,  
3071-74.

ГОСТ 7669-80 и ГОСТ

Стальные канаты изготавливают: по механическим свойствам проволоки — высшей марки В, первой I, второй марки II; по виду покрытия поверхности — из светлой проволоки, оцинкованной проволоки; для легких ЛС, средних СС и жестких ЖС условий работы; по сочетанию направления свивки элементов каната — крестовой и односторонней свивки О; по направлению свивки — правой П и левой свивки Л; по способу свивки — раскручивающиеся Р и нераскручивающиеся Н (рис.1.4.20).

На монтажных работах следует применять нераскручивающиеся канаты крестовой (обычно правой) свивки, изготовленные из светлой проволоки с марки-ровочной группой по временному сопротивлению разрыву проволок не ниже 1568 МПа (160 кгс/мм<sup>2</sup>).

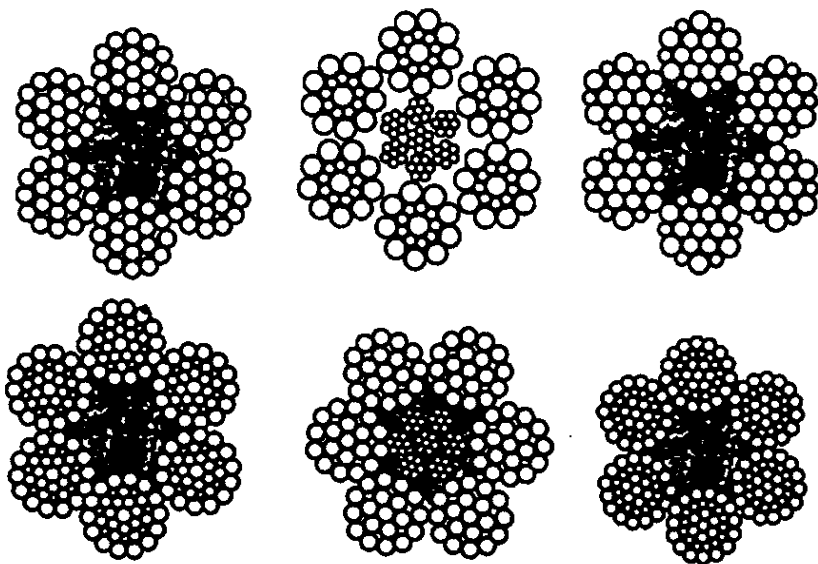


Рис.1.4.20. Типы стальных канатов

Выбранные для монтажных работ стальные канаты проверяются расчетным путем на прочность, прежде всего на разрыв. Разрывное усилие каната (кгс) определяют по формуле

$$R \geq SKC,$$

где S — наибольшее расчетное натяжение каната, кгс, при выполнении такелажной операции; при этом учитываются возможные отклонения каната от направления действия нагрузки, а

также неравномерность натяжения при работе двух и более грузоподъемных устройств; КС – коэффициент запаса прочности, который находится в пределах 3,5-9.

Пеньковые канаты разделяют на бельные, не имеющие специальной обработки, и пропитанные горячей древесной смолой. Их изготавливают в трех исполнениях: специальные, повышенной прочности и обыкновенные. В условном обозначении каната указывают наименование, линейную плотность и группу, а также обозначение стандарта. Например: ПБ 120 ктекс Сп ГОСТ 483 – канат пеньковый бельный (ПБ), линейной плотностью 120 ктекс (1 ктекс – масса 1000 м каната в килограммах), специальный (Сп); ПС 144 ктекс Пв ГОСТ 483 – канат пеньковый пропитанный (смоленный) (ПС), линейной плотностью 144 ктекс повышенной прочности (Пв); ППБ 1924 ктекс Об ГОСТ 483 – канат пеньковый приводной бельный (ППБ), линейной плотностью 1924 ктекс, обыкновенный (Об).

Пеньковые канаты изготавливают диаметром 10-12 мм с разрывной нагрузкой 7,9-537,75 кН. Наибольшая разрывная нагрузка у специальных канатов, наименьшая – у обыкновенных. Прочность пропитанных канатов на 1-3 % меньше прочности бельных.

Бельные канаты по сравнению с пропитанными более гибкие и удобнее в работе, но подвержены гниению и при размокании теряют почти половину своей прочности.

Канаты из синтетических волокон обычно не поддаются гниению, плесени и грибковым воздействиям. Сухие и чистые канаты не замерзают, они имеют хорошие диэлектрические свойства, но при высоких температурах подвержены плавлению и их нельзя использовать при значительном трении, а также вблизи зоны сварочных работ.

Прочность пеньковых и капроновых канатов определяется также на разрыв по формуле

$$S = \frac{R}{K_n}$$

где R – разрывное усилие каната (ГОСТ 483-85);  $K_n$  – коэффициент запаса прочности, равный 3 – 8.

В качестве гибких элементов грузоподъемных машин, а также монтажных приспособлений применяют канаты и цепи. Цепи бывают сварные и пластинчатые (рис.1.4.21). Сварные цепи (рис 1.4.21, а) (ГОСТ 2319-80) состоят из звеньев овальной формы, расположенных во взаимно перпендику-

лярных плоскостях, что обеспечивает им подвижность во всех направлениях, и бывают двух типов: короткозвенные и длиннозвенные. Их изготавливают из стали марок Ст.3 ( =360-460 МПа), Ст.2 ( =330-430 МПа) и Ст.10 ( =320 МПа).

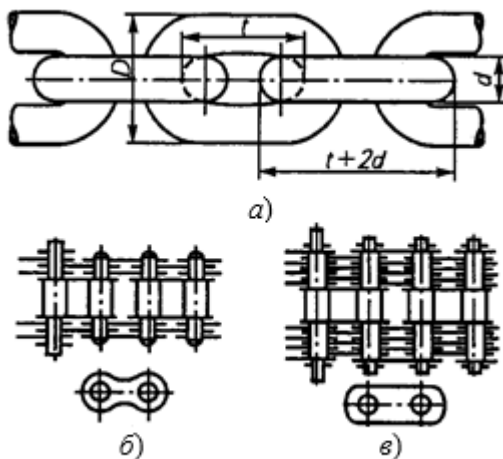


Рис.1.4.21. Грузовые цепи: а – сварная; б, в – пластинчатые; t – шаг цепи

Звенья цепи из стали Ст. 3 изготавливают кузнечно-горновой и контактной сваркой, из остальных материалов — контактной электросваркой. После изготовления сварные цепи испытывают под нагрузкой, равной половине разрушающей. При этом не должно быть остаточных деформаций. По точности изготовления сварные цепи подразделяют на калиброванные и некалиброванные. Некалиброванная цепь предназначена для работы только с гладкими барабанами и блоками, калиброванная – для работы со звездочкой, имеющей специальные гнезда.

Отношение диаметра  $D$  барабана или блока, огибаемого сварной цепью, к диаметру  $d$  прутка, из которого изготовлена цепь, должно быть не менее 20 для ручных грузоподъемных механизмов и не менее 30. Сварные цепи не пригодны для работы с высокими скоростями: допустимая скорость при работе на гладких барабанах и блоках составляет 1,5 м/с, при работе на звездочках – 0,5 м/с. При превышении этих значений скоростей увеличиваются износ участков соприкосновения звеньев и динамические нагрузки, а также возрастает опасность обрыва цепи. Допустимый износ звена сварной цепи ограничен значением 10 % диаметра прутка.

Пластинчатые грузовые цепи (см. рис. 1.4.21, б, в) (ГОСТ

2321-80) состоят из стальных пластин, соединенных валиками. Число пластин тем больше, чем больше разрушающая нагрузка. Элементы цепи (пластины и валики) изготавливают из стали марок 40, 45, 50 и подвергают термообработке (улучшению или нормализации). Все цепи на заводе-изготовителе испытывают под нагрузкой, составляющей 50% от разрушающей. Так как пластинчатые цепи изготавливают без применения сварки, то они более надежны, чем сварные, поскольку в них нет остаточных напряжений и деформация звеньев у них значительно меньше. Двигается пластинчатая цепь более плавно, но максимальная рабочая скорость из-за повышенной чувствительности к инерционным нагрузкам не должна превышать 0,25 м/с. Пластинчатые цепи состоят только со звездочками.

Цепи в монтажных работах имеют ограниченное применение. Сварные некалиброванные цепи обычно применяются в качестве стропов. Сварные калиброванные и пластинчатые цепи используются в грузоподъемных механизмах.

Для сварных и пластинчатых цепей допустимое усилие на ветвь в цепи определяется по формуле

$$S = R / k_3,$$

где  $R$  – разрушающая нагрузка, кгс;  $k_3$  – коэффициент запаса прочности для цепей.

Число зубьев звездочек для пластинчатых цепей должно быть не менее шести.

Систему, составленную из подвижных и неподвижных блоков, через ролики которых пропущен канат или цепь, называют полиспастом (рис.1.4.22). Полиспаст применяют для выигрыша в силе при подъеме грузов, вес которых превышает грузоподъемность используемого механизма. Для оснастки полиспаста рассчитывают длину каната по формуле

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

где  $L$  – рабочая длина каната;  $\tau$  – число ветвей полиспаста;  $l$  – наименьшая высота двух блоков;  $r$  – радиус роликов блоков полиспаста;  $h$  – 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).

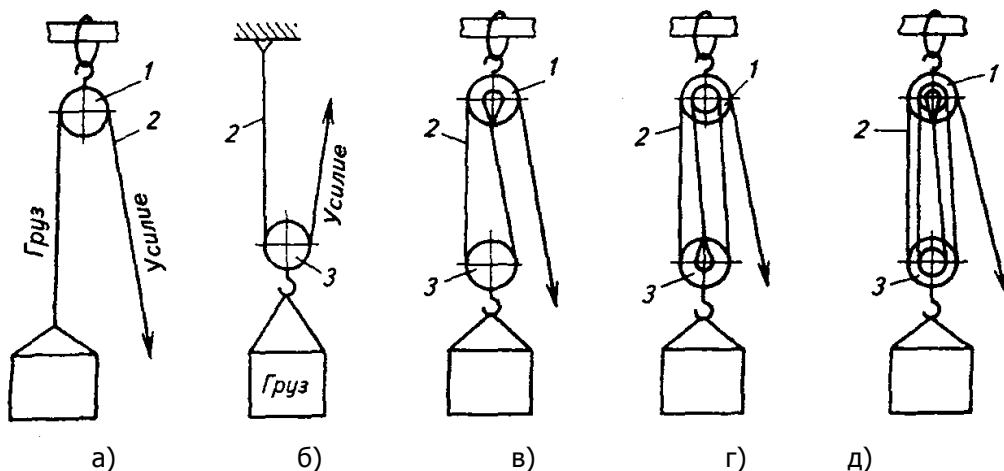


Рис.1.4.22. Схема оснащения блоков: а – неподвижный блок, позволяющий изменить направление каната; б – подвижный блок, позволяющий уменьшить тяговое усилие в 2 раза; в, г, д – полиспасты, обеспечивающие выигрыш тягового усилия соответственно в 3, 4 и 5 раз; 1 – неподвижный блок; 2 – канат; 3 – подвижный блок

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

$$S = \frac{mg}{ni\eta}$$

где  $S$  – тяговое усилие;  $t$  – масса груза;  $g$  – ускорение свободного падения;  $n$  – 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.

Основная характеристика полиспастов — кратность ( $m$ ), определяемая как отношение числа ветвей, на которых висит груз, к числу ветвей, наматываемых на барабан лебедки.

Для поднятия грузов из канатов делают специальные петли, которые называются стропами.

Строп представляет собой отрезок стального каната (троса) или цепи с петлями на концах. Он состоит из каната (троса) 1, коуша (прокладки) 2 и сжима 3 (рис.1.4.23).

Название дисциплины

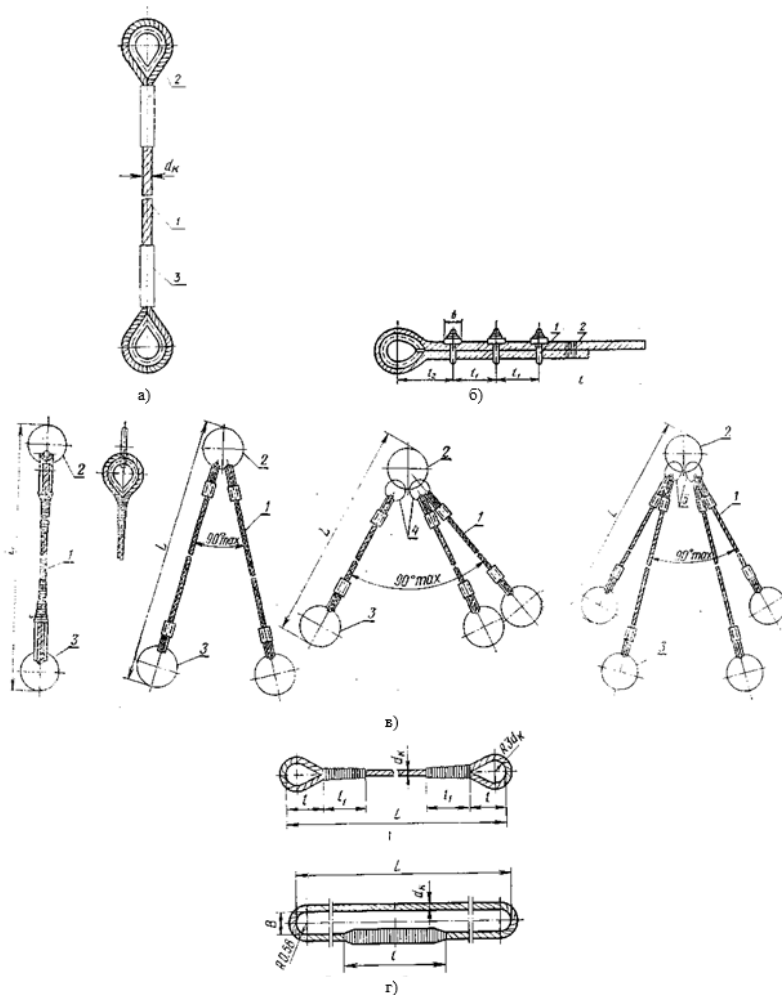


Рис.1.4.23. Различные виды строп: а – устройство стропы; б – заделка конца каната при помощи сжимов; в – многоветвейные стропы; г – стропа универсальная [типа УСК]

(L – общая длина стропы; l – длина петли; l 1– длина заплетки, замотанной проволокой; dk – диаметр каната)

Для предохранения петель канатов от резких перегибов применяют коуши, размеры которых установлены ГОСТ 2224-84. Применяют разъемные и неразъемные (глухие) соединения концов канатов.

Неразъемные концы канатов для стропов типа УСК заделыв-



вают одним из двух способов: заплеткой с последующей обмоткой проволокой или при помощи продавливаемой втулки. Неразъемные соединения канатов в инвентарных приспособлениях выполняют сплетением или при помощи гильзовых приспособлений. При изготовлении стропов допускается замена заплетки установкой сжимов.

Разъемные соединения выполняют при подсоединении: расчалок к оголовкам мачт, к полиспадам и к якорям; при соединении кусков каната между собой.

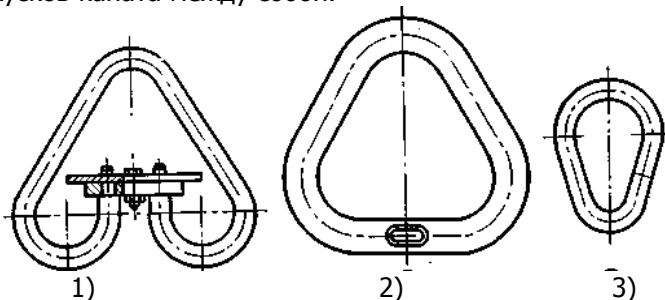
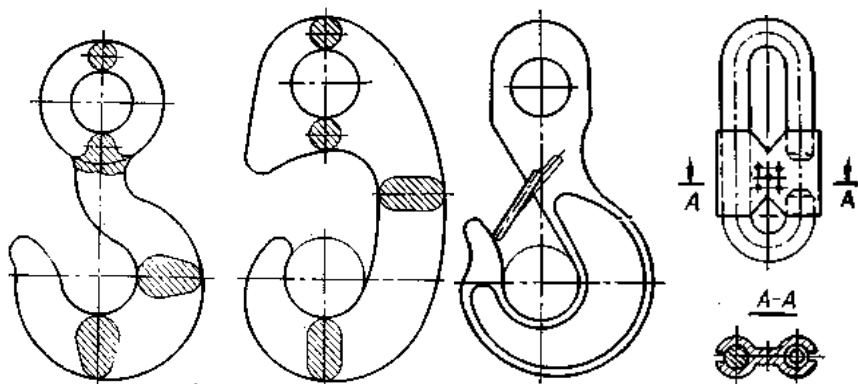


Рис.1.4.24. Звенья для навешивания на крюк грузоподъемной машины:

1 – разъемное типа Р (скоба с планкой); 2 – треугольное типа Т; 3 – оvoidное типа О

Стропы типа УСК соединяются между собой звеном навески. Они могут быть оvoidными типа О для небольшого числа ветвей, треугольные типа Т – для большого числа ветвей и разъемные типа Р, если число ветвей необходимо менять.

Нижний конец стропы снабжается звеном для захвата груза (рис.1.4.25).



## Название дисциплины

а) б) в) г)

Рис.1.4.25. Звенья для соединения стропов с приспособлениями на грузе:

*а* – крюк без замка; *б* – крюк с утопленным носиком; *в* – крюк с замком; *г* – карабин

Стропы типа УСК, имеющие канатные ветви и звенья в виде крюков, скоб и карабинов, применяют для подвешивания грузов. Для строповки универсальными стропами груз должен быть оборудован скобами, крюками, цапфами, рым-болтами, проушинами или другими приспособлениями. Значительная часть грузов при монтаже не имеет этих приспособлений. В этом случае применяют универсальные стропы УСК для строповки грузов обвязкой. Но при этом на оборудование прикладываются незапланированные сжимающие усилия, могущие его повредить, например при подъеме тонкостенных панелей. Поэтому для ценного груза стропы УСК применять не следует.

На чертежах стропы шифруются так: УСК-0,32-1/5000 ГОСТ 19144-80, что означает строп грузоподъемностью 0,32 т в первом исполнении длиной 5000 мм.

Когда поднимают крупногабаритные длинномерные грузы, которые необходимо стропить за несколько точек, используют специальные приспособления, называемые траверсами. Они изготавливаются сплошного сечения в виде одиночных двутавров, швеллеров или стальных труб различных размеров.

Название дисциплины

В практике монтажа оборудования применяются траверсы двух типов: работающие на изгиб и на сжатие. Первые конструктивно более тяжелы, но обладают значительно меньшими высотными габаритами, что имеет существенное значение при подъеме оборудования в помещениях с ограниченной высотой, а также при недостаточных высотах подъема крюка грузоподъемного механизма. Некоторые из них показаны на рис.1.4.26.

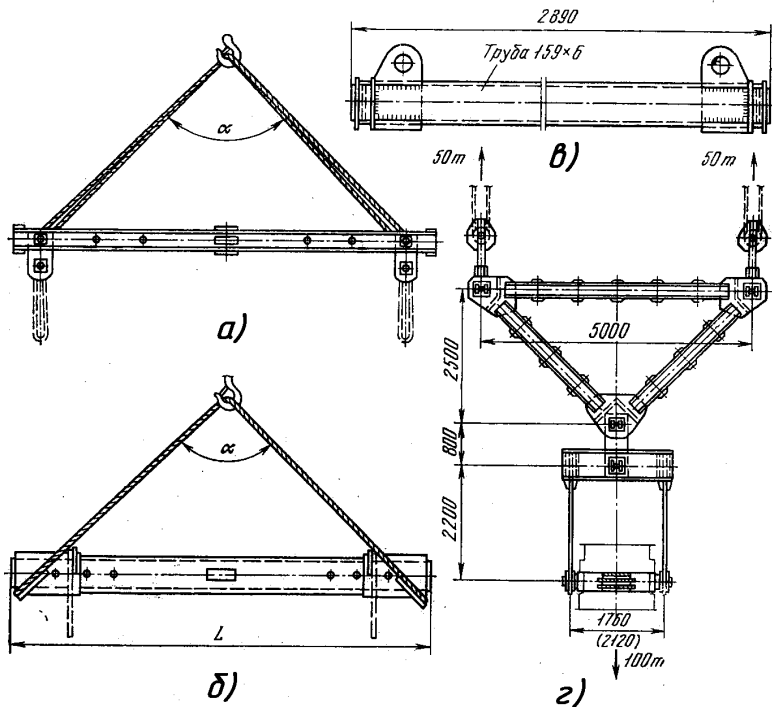


Рис.1.4.26. Траверсы для подъема крупногабаритных блоков оборудования  
 и конструкций грузоподъемностью: а – 10-150 т; б – 10-40 т; в – 10 т; г – 100 т

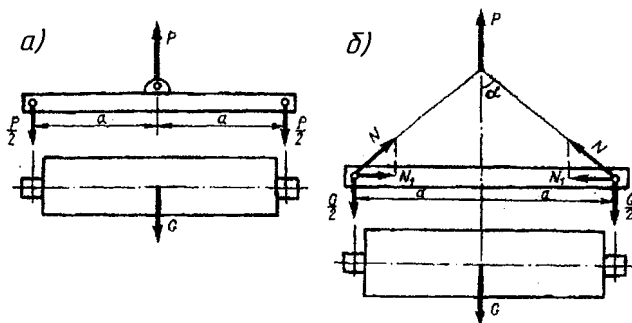


Рис.1.4.27. Расчетные схемы траверс, работающих на изгиб (а) и сжатие (б)

При расчете траверс, работающих на изгиб, сначала подсчитывают нагрузку, действующую на траверсу (рис.1.4.27, а):

$$P = G_{\text{г}} K_{\text{д}},$$

где  $G$  – масса поднимаемого груза, кг.

Затем определяют максимальный изгибающий момент в траверсе (кгс·см):

$$M_{\text{макс}} = Pa/2,$$

где  $a$  – длина плеча траверсы;

далее вычисляют требуемый момент сопротивления поперечного сечения траверсы:

$$W_{\text{тр}} \geq M_{\text{макс}} / (mR).$$

Далее выбирают расчетную схему сечения траверсы, задавая сплошной или сквозной конструкцией балки.

Для сплошных балок выбирают профиль с моментом сопротивления  $W_x$ , ближайшим к требуемому  $W_{\text{тр}}$ . Для сквозных балок определяют  $W_x$ , подобрав профиль необходимых размеров так, чтобы момент сопротивления балки в целом  $W_x$  был не менее  $W_{\text{тр}}$ .

Траверсы, работающие на сжатие, изготавливаются двух видов: однобалочные и трехлучевые, обычно применяемые для подъема груза больших диаметров. Это обеспечивает неизменность их формы от монтажных нагрузок. Трехлучевые траверсы представляют собой жесткую сварную конструкцию из трех горизонтальных балок, расходящихся лучами под углом  $120^\circ$ .

стальные трубы, или сквозные, состоящие из двух швеллеров или двутавров, связанных планками или стальной трубы, усиленной уголками.

Работа траверс на сжатие требует как прочности. так и устойчивости.

Учитывая, что масса траверсы составляет незначительную

долю от массы поднимаемого груза (не более 0,01), в практических расчетах ею можно пренебречь.

Траверы рассчитываются в определенной последовательности, а именно: находят натяжение в каждой тросовой тяге, соединяющей стержень траверсы с крюком грузоподъемного механизма:

для однобалочной траверсы

$$N=G/(2\cos\alpha),$$

для трехлучевой траверсы

$$N=G/(3\cos\alpha).$$

где  $G$  – масса поднимаемого груза;  $\alpha$  – угол наклона тяги к вертикали.

По найденному натяжению рассчитывают стальные канаты для тросовых тяг. Затем определяют сжимающее усилие в стержне траверсы:

для однобалочных траверс

$$N_1=(G_{кп}k_d \operatorname{tg} \alpha)/2,$$

для трехлучевых траверс

$$N_1=(G_{кп}k_d \operatorname{tg} \alpha)/3.$$

В дальнейшем сечение траверсы подбирают и проверяют на устойчивость как для стержня, работающего на сжатие.

Для большинства грузов, поднимаемых при монтажных работах отработаны типовые методы строповки в соответствующих инструкциях. Некоторые из них показаны на рис.1.4.28.

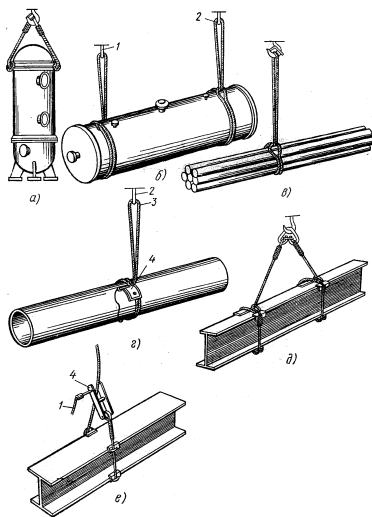


Рис.1.4.28. Схемы строповки грузов: а – аппарата массой до 5 т универсальным стропом; б – аппарата массой до 10 т при подъеме двумя кранами, в – труб массой до 2 т и длиной до 6 м универсальным стропом; г – трубы массой до 1,5 т и длиной до 6 м универсальным стропом с замком; д – балки массой до 3 т двухветвевым стропом; е – балки стропом с полуавто-матическим замком; 1 – канатик для расстроповки; 2 – крюк крана; 3 – канат стропа; 4 – полуавтоматический замок

Для подъема бочек, стопок листов металла и других не очень удобных грузов разработаны и используются специальные приспособления. Некоторые из них показаны на рис.1.4.29.

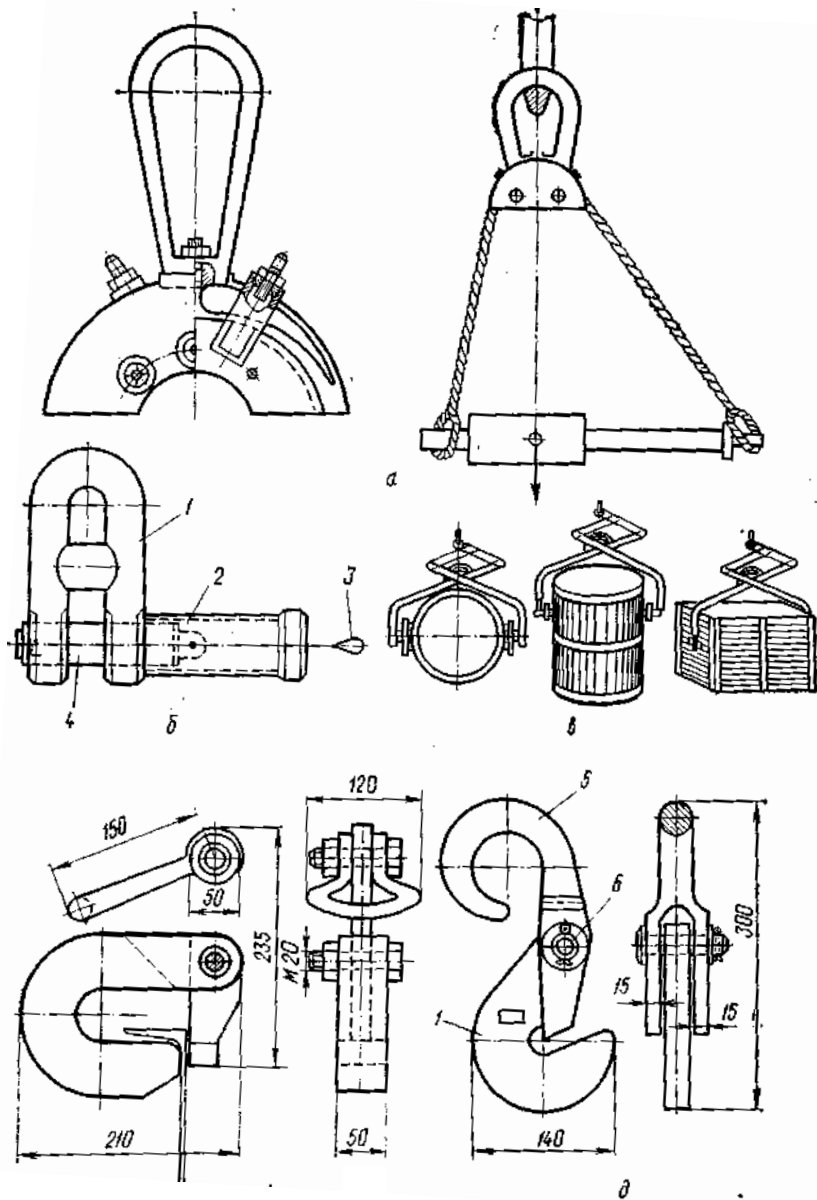


Рис.1.4.29. Приспособления для захвата оборудования и элементов металлоконструкций и металлопроката:

*а* – автоматический строповый замок; *б* – полуавтоматический строповый замок; *в, д* – универсальные захваты; *г* – самоза-

## Название дисциплины

пирающийся захват: 1 – скоба, 2 – пружинная обойма, 3 – шнур, 4 – запорный штифт; 5 – крюк, 6 – ось

Захваты значительно сокращают время строповки и расстроповки грузов. К ним относят автоматические строповые замки, полуавтоматические строповые замки, универсальные и самозапирающиеся захваты.

Автоматический строповый замок служит для подъема технологического оборудования грузоподъемностью до 3 т с несимметричным расположением центра тяжести. Полуавтоматические строповые замки изготавливают грузоподъемностью от 1 до 20 т. Петлю стропа заводят в скобу и закрепляют запорным штифтом.

Универсальный захват для подъема толстолистовой стали состоит из грузозахватной скобы 1, рычага и оси 6. Один конец рычага является крюком 5 для соединения с грузозахватным приспособлением. Самозапирающийся захват (см. рис.1.4.29, *г*) применяют для транспортирования двутавровых балок и металлоконструкций массой до 2 т.

Для удобства и скорости работ инженерные службы монтажной организации должны также спроектировать различные приспособления: стремянки, передвижные вышки для работ под потолками помещений, подмости, тележки для перевоза грузов, устройство для очистки труб, контейнеры и пр.

После подготовки всех описанных механизмов и приспособлений можно считать, что монтажная организация готова к проведению такелажных работ.

#### 1.4.5. Устройства для закрепления грузоподъемных механизмов

Средства механизации работ, а также различные мачты, оттяжки, колонны должны быть хорошо закреплены. Для этих целей применяют специальные устройства, называемые якорями.



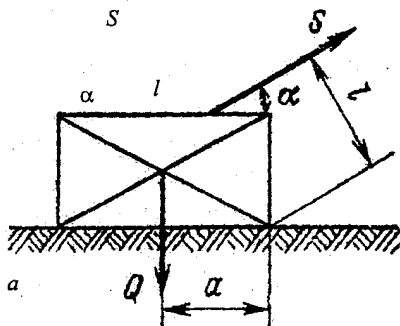


Рис.1.4.30. Схема сил, действующих на наземный якорь  
Они бывают нескольких видов: деревянные свайные, бревенчатые с заложением в грунт, наземные инвентарные якоря.

Наземные инвентарные якоря выполнены в виде решетчатых металлических конструкций, заполненных оттарированными железобетонными блоками размером 0,9×0,9×4 м и массой около 7,5 т.

Методика расчета наземных бетонных якорей сводится к следующему (рис.1.4.30): масса груза, необходимого для загрузки рамы наземного якоря в зависимости от усилия, прикладываемого к якорю, и направления усилия определяется по формуле

$$Q = k \left( \frac{S \cos \alpha}{f} + S \sin \alpha \right),$$

где Q – масса якоря; S – усилие, прикладываемое к якорю;  $\alpha$  – угол наклона тяги якоря к горизонту; k – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,5; f – коэффициент трения бетона о грунт, равный 0,45 – 0,7.

Проверку якоря на опрокидывание производят по формуле

$$Qa \geq k_1 Sl,$$

где a – расстояние от центра тяжести до точки опрокидывания;  $k_1$  – коэффициент устойчивости, равный 1,4, l – расстояние от приложения силы S до ска якоря.

Для вертикальных сил, действующих на заглубленный якорь, должно соблюдаться условие (рис.1.4.31)

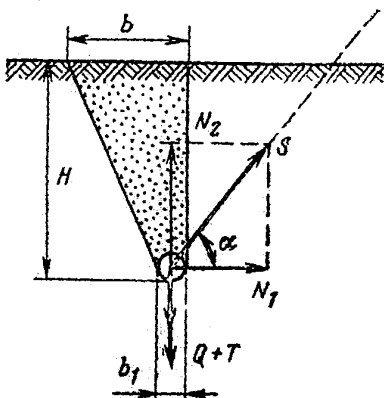


Рис. 1.4.31. Схема сил, действующих на заглубленный

$$Q + T \geq kN_2,$$

при этом масса грунта, сопротивляющаяся вырыванию якоря, определяется по формуле

$$Q = \left( \frac{b + b_1}{2} H l_p \right) \rho$$

где  $\rho$  – плотность утрамбованного грунта;  $b$  – принимается из расчета угла откоса задней стенки котлована, но не более  $30^\circ$ .

Сила трения бревна о стенку котлована при вырывании

$$T = fN_1 = f(H \cdot b \cdot l)\rho,$$

где  $f$  – коэффициент трения дерева по грунту, принимаемый равным 0,5;  $k \geq 3$  – коэффициент запаса для вертикальных сил;  $l$  – длина бревна, м;  $H$  – глубина заложения якоря.

Горизонтальная и вертикальная составляющие в тяге якоря  $S$ :

$$N_2 = S \sin \alpha; \quad N_1 =$$

Для горизонтальных сил должно быть соблюдено условие

$$N_1 \leq ndl\sigma\eta,$$

где  $n$  – количество бревен, соприкасающихся со стенкой котлована, шт;  $d$  – диаметр бревна;  $\eta = 0,25$  коэффициент уменьшения допускаемого давления на грунт вследствие неравномерного смятия;  $\sigma$  – допускаемое давление на грунт, должно соответствовать следующим значениям:

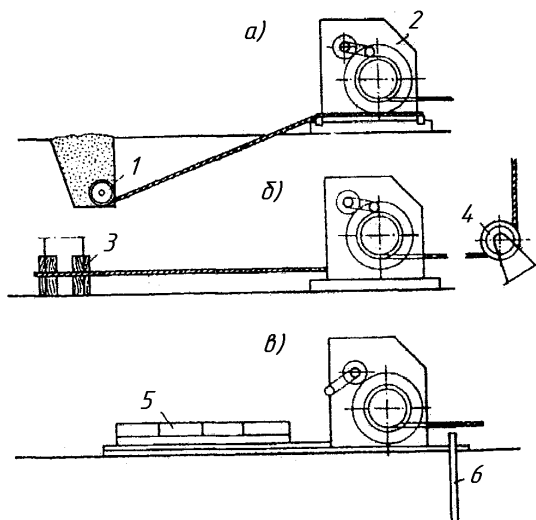


Рис.1.4.32. Схема закрепления лебедок: а – за якорь; б - за конструкцию здания; в - загрузкой балласта; 1 – стационарный якорь; 2 – лебедка; 3 – колонна; 4 – отводной блок; 5 – балласт; 6 – свайный якорь

## Название дисциплины

Вид грунта	Допускаемое давление на грунт $\sigma$ , мПа
Песок мелкий сухой плотный	3,5
Песок мелкий влажный плотный	2-3
Супесок сухой средней плотности	2,0
Супесок влажный средней плотности	1,5
Глина в пластичном состоянии	1,0-2,5

Установка или закладка якорей, места установки и конструкции якорей для лебедок, мачтовых вант (расчалок) и отводных блоков предусматриваются проектом организации работ (рис.1.4.32). Наиболее удобны в применении незаглубленные и полуглубленные инвентарные якоря – железобетонные призмы массой 2 – 10 т, связанные прочным металлическим каркасом. При известном угле наклона тягового усилия к горизонту расчет якоря сводится к определению его веса и размеров опорной поверхности из условий его устойчивости, противоопрокидывания и смещения.

Для сохранения равновесия необходимо выполнение следующих условий:

’  
откуда  
(при );

’  
откуда

’  
где  $R$  – тяговое усилие, приходящееся на якорь;  $a$  и  $b$  – плечи сил относительно ребра опрокидывания;  $f$ -коэффициент трения (обычно принимают  $f= 0,2-0,5$ ).

Определив из четырех приведенных уравнений наибольшее значение веса якоря  $G$ , увеличивают его для заглубленных якорей в 2-3 раза, для незаглубленных – в 5 раз.

Рис.1.4.33. Схема расчета  
на устойчивость якоря

При расчете закладных якорей к весу якоря прибавляют вес засыпки или бетонной заливки, а также учитывают несущую способность грунта, препятствующую вырыванию якоря. Размеры закладного элемента определяют из расчета его на прочность, а также с учетом допустимого удельного давления на грунт или бе-

тон. Закладной элемент (бревно, балку) рассчитывают на изгиб в зависимости от типа крепления тяги (рис.1.4.33).

Якоря располагают так, чтобы не повредить кабели электрических сетей, а также действующие подземные коммуникации. Использование в качестве якорей действующих конструкций (зданий, оборудования, фундаментов) допустимо только после тщательной проверки их на надежность.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.4

### ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

История подъемных устройств началась ещё в глубокой древности. Необходимость в поднятии тяжелых грузов возникла ещё на самом раннем этапе развития человечества. Память о древних подъемниках оставили такие сооружения, как пирамиды в Египте, различные постройки в Древнем Риме, гидротехнические сооружения Китая. Строительство таких памятников производилось задолго до нашей эры, невозможно себе представить, как возводились такие массивные сооружения без применения подъемников.

Предположительно, самый первый грузоподъемник состоял из рычагов, катков и наклонных плоскостей, применялся этот агрегат без использования промежуточных деталей типа цепей и канатов. Немного позже начали использовать подъемные устройства с применением промежуточных элементов – верёвок и гибких веток (рис.П1.4.1, П1.4.2).

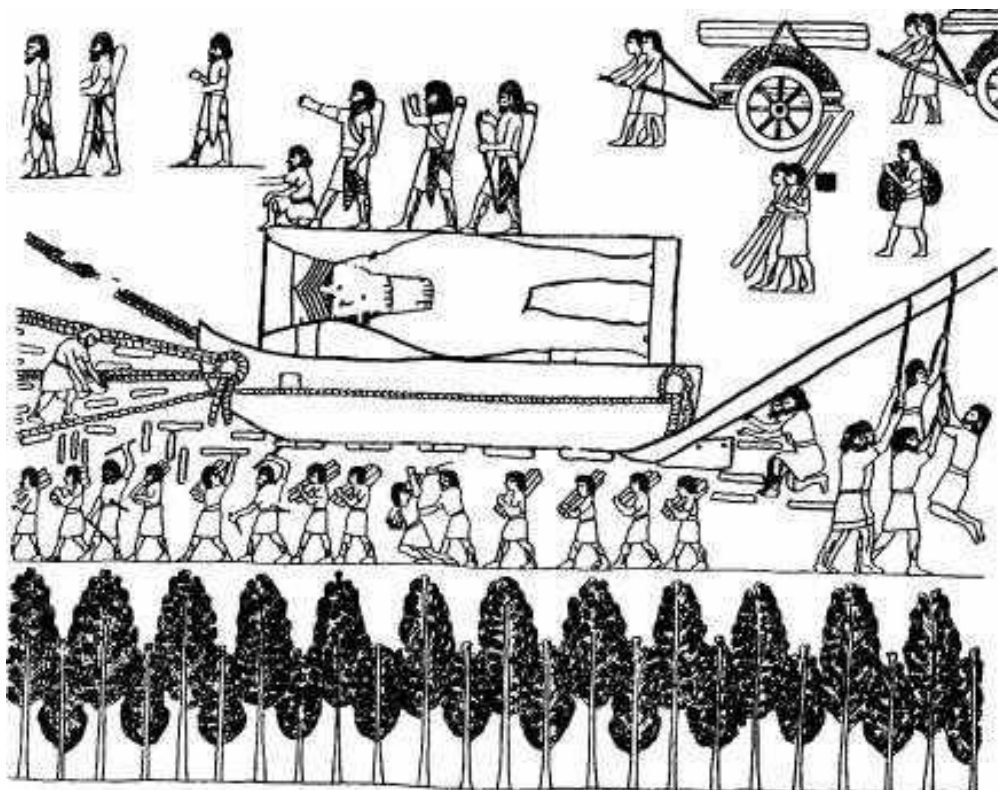


Рис.П1.4.1. Перевоз статуи из Ассирии в Египет  
(барельеф 2500 г до н.э.)

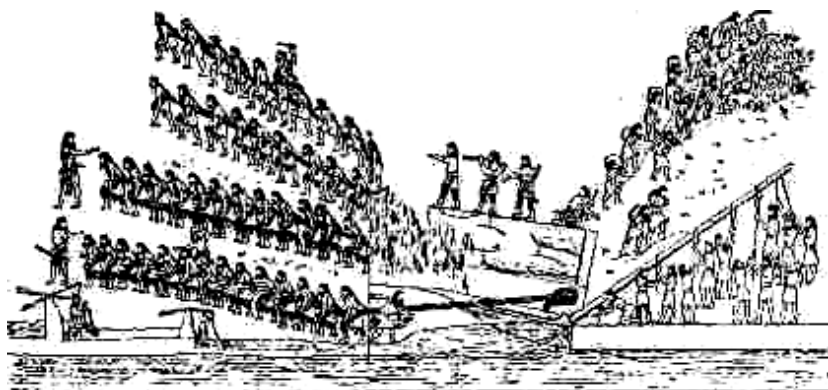


Рис.П1.4.2. Строительство пирамид в Древнем Египте с использованием наклонных плоскостей, рычагов и катков (барельеф 2500 г

до н.э.)

Воду в странах Востока, Индии, Древнем Китае и Греции поднимали при помощи рычажных подъёмников. Задолго до н.э. в Китае активно использовались вертикальные и горизонтальные ворота с ручным приводом (рис.П1.4.3, П1.4.4).

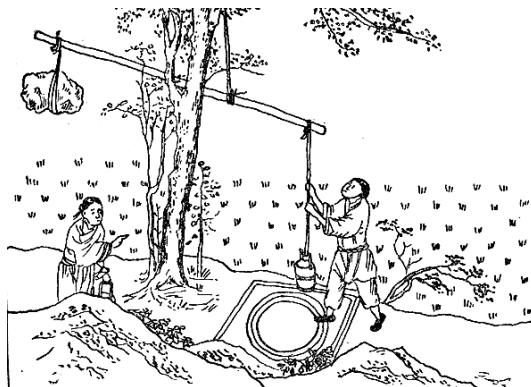


Рис.П1.4.3. Забор воды из колодца при помощи рычажного подъемника (рисунок 2200 г. до н.э.)



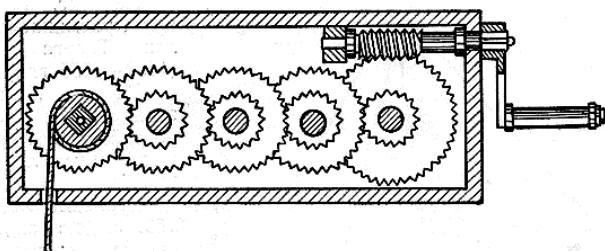
Рис.П1.4.4. Подъем воды из колодца при помощи ворота (рисунок 2200 г. до н.э.)

Древнегреческое рычажное грузоподъёмное устройство называлось «журавль», в переводе на немецкий – «крайних», что подтолкнуло инженеров дать грузоподъёмным устройствам название – «кран». Такие устройства использовались и в военном деле (рис.П1.4.5).



Рис.П1.4.5. Греческие устройства для пробивания и опрокидывания вражеских кораблей (рисунок V век. до н.э.).

Древние мастера изготавливали для подъема грузов лебедки, конструкции которых мало отличаются от современных (рис.П1.4.6).



Из рис.П.1.4.6 видно, что древние мастера знали не только шестеренчатые передачи, но и червячные.

К I веку до н.э. в Древнем Риме последующее усовершенствование подъёмных механизмов привело к созданию поворотных подъёмных кранов. Конструкция такого крана ограничивалась креплением на прочных деревянных брусках, способных поворачиваться на катках в разные стороны. Максимальная высота подъёма груза таким механизмом достигала 12 метров. Также

римляне стали основателями самого первого лифта – клетёвого подъёмника.

В XI-XII вв. дальнейшее совершенствование техники переместилось на территорию Западной Европы, где происходило интенсивное развитие мореплавания, торговли и горно-металлургической промышленности, что способствовало строительству новых грузоподъёмных механизмов.

В XIV-XV вв. стала активно развиваться механика, что подстегнуло к совершенствованию конструкций грузоподъёмников. С появлением лебёдок и полиспастов появилась возможность поднимать грузы большего веса, с большей скоростью, затрачивая на работу меньше усилий. Благодаря соединению ворота с полиспастом или блоком появилось множество разнообразных конструкций, похожих на поворотные и переносные краны (рис.П1.4.7).

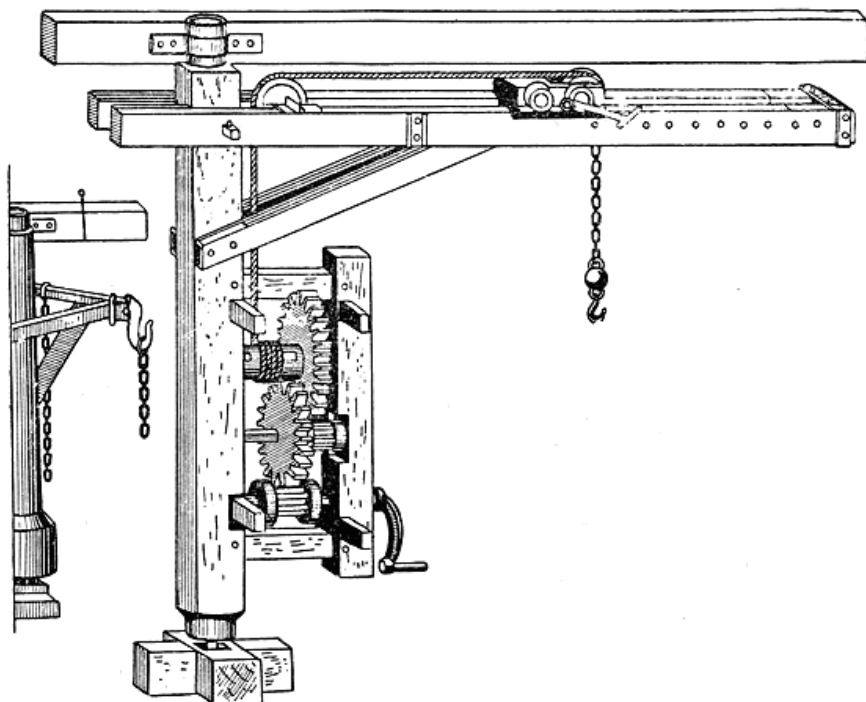


Рис.П1.4.7. Средневековый подъёмный кран (реконструкция)

Различные виды подъёмных устройств от древности до средних веков показаны на рис.П1.4.8-П1.4.10.



Название дисциплины

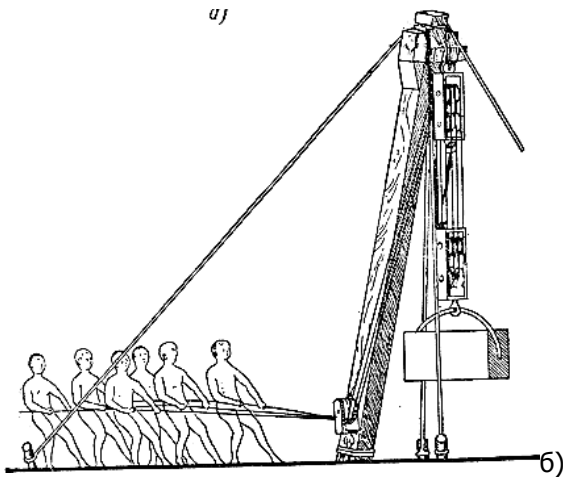
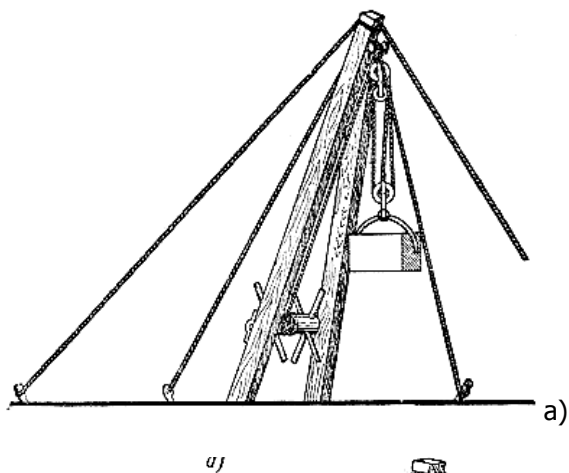
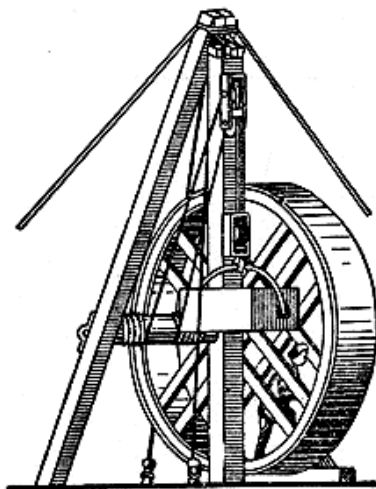
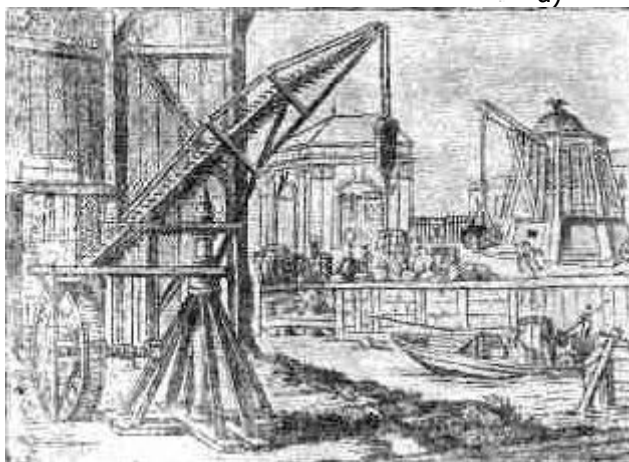


Рис.П1.4.8. Подъемные устройства с ручным приводом (I в. до нашей эры):  
а – с воротом; б – с полиспастом



а)



б)

Рис.П1.4.9. Устройства: а – подъемное устройство со ступальным колесом (I в. до нашей эры);  
 б – стреловой кран со ступальным колесом (XII в. н.э.)

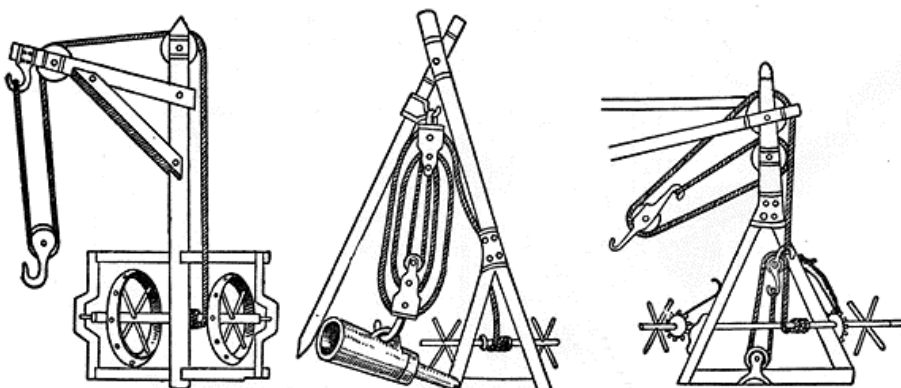


Рис.П1.4.10. Подъемные устройства XV в.

С давних времён в России тоже использовали различные приспособления для поднятия тяжёлых грузов. Так, к примеру, знаменитый Царь-колокол весом в 130 т. был поднят в Московском Кремле в конце XVII века. Для его поднятия использовали ручные лебёдки, противовесы и рычаги (рис.П1.4.11, П1.4.12).

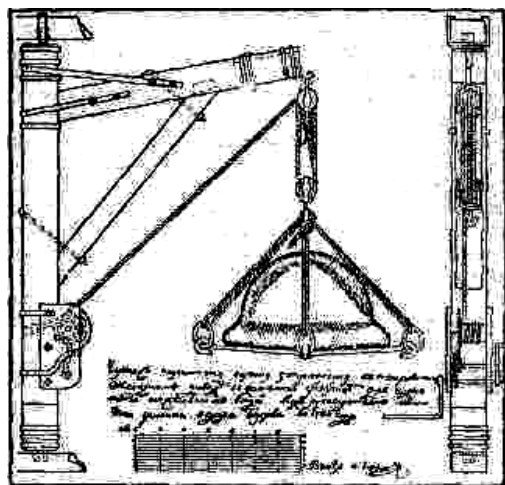


Рис.П1.4.11. Схема подъема Царь-колокола в Московском Кремле (немецкая рукопись XVII века)

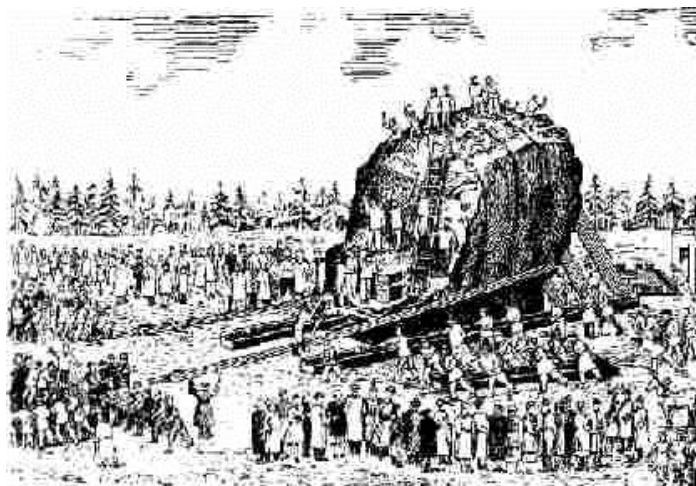


Рис.П1.4.12. Перевозка камня-основания для памятника царю Петру I (гравюра XVIII века)

Самым уникальным событием XVIII века была установка цоколя памятника Петру I, которая происходила в 1769 г. в г. Санкт-Петербурге. Гранитный камень, который использовали для этого цоколя, весил около 1000 пудов и доставлялся из Карелии на место использования при помощи лебёдок, полиспастов и катков.

Основными источниками энергии для грузоподъёмных устройств до XVIII века была сила падающей воды и мускульная сила животных или людей (рис.П1.4.13). Скорость спуска этого механизма регулировалась при помощи одноколодочного тормоза, который действовал на большое тормозное колесо, расположенное на вале ворота.

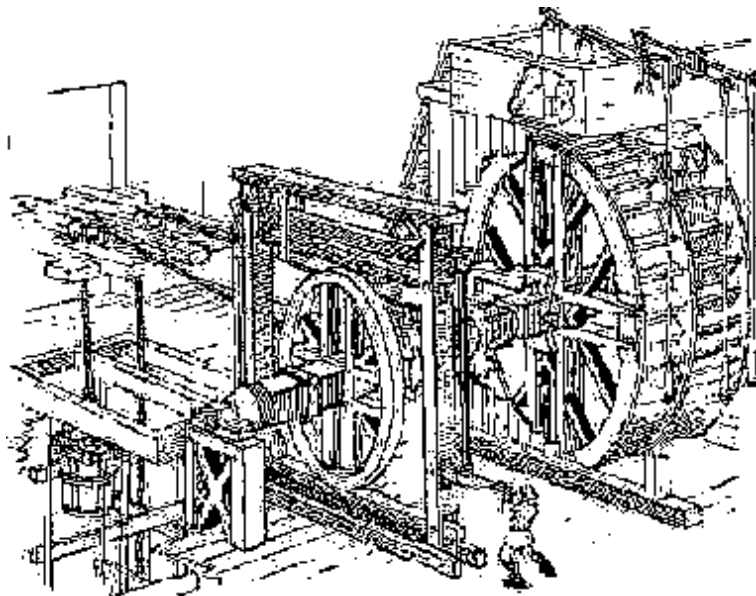


Рис.П1.4.13. Устройство для подъема людей и руды из шахты водяным колесом (гравюра 1752 г.)

В XIV-XV вв. европейцы начали создавать стреловые, поворотные и цепные краны на деревянной основе с конным приводом. Такие краны были более похожи на современные, чем все ранее созданные устройства.

Самое активное развитие конструкции кранов приходится на конец XVIII и начало XIX в., когда был изобретён паровой двигатель.

Все грузоподъемные устройства, которые были изобретены до XIX в., были выполнены на деревянной основе. Стальными были лишь некоторые детали механизмов, такие как крюки, оси, храповики.

Первый мостовой кран был построен в Париже в первой четверти XIX столетия, выполнен он был всецело из дерева. Использовались деревянные и деревянно-металлические мостовые и козловые краны вплоть до конца XIX в.

Усиленное развитие промышленности и транспорта в начале XX века привело к массовому строительству кранов большой грузоподъемности с машинным приводом.

В Англии в 1846-1847гг. был введен в эксплуатацию первый

кран с гидравлическим приводом. Работа такого механизма заключалась в подаче воды под давлением в рабочие цилиндры. Широкое распространение гидравлического привода на подъёмниках началось только во второй половине XIX в.

Наряду с кранами в 1811 г. в России был построен первый прототип современного экскаватора, который был оснащён несколькими небольшими ковшами и работал при помощи парового двигателя. Наряду с созданием конструкций порталных и мостовых кранов в 80-х годах XIX в. произошло строительство первого железнодорожного парового крана. В 1872 году в Англии был построен первый стационарный подъёмный кран с паровым двигателем. В конце XIX в. начали совершенствоваться паросиловые установки, и постепенно они полностью вытеснили гидравлические краны.

В 1880 году немецкие изобретатели построили первый подъёмник, где движущей силой было электричество. Чуть позже и американцы начали использовать электрический мостовой кран, который имел отдельные электроприводы для подъёмного механизма, перемещения грузовой тележки и передвижения крана. В 1885 и 1891 годах электрический привод начали использовать на стационарных, полупортальных и козловых кранах. Использование двигателя внутреннего сгорания для передвижных кранов началось с 1895 года.

В начале XX века активно развивалось жилищно-промышленное строительство, поэтому потребность в кранах различного назначения сильно возросла. Первый башенный кран с подъёмной стрелой был создан в 1914 г., а немногим раньше были созданы свободно стоящие поворотные стационарные и передвижные башенные краны (Германия).

В конце XIX в. крупнейшие машиностроительные заводы, такие как Сормовский, Брянский, Путиловский и Коломенский, освоили выпуск различных типов подъёмного оборудования.

Для работы грузоподъёмных устройств были нужны гибкие элементы – канаты, тросы, цепи. Производство канатов и троссов началось в глубокой древности и было связано прежде всего с мореплаванием.

Якорные камни привязывали к веревкам, сплетенным из коры деревьев, кож и сухожилий убитых животных, папируса. Обитатели островов южной части Тихого океана свои якоря прикрепляли к лианам. Потом люди научились изготавливать канаты из волокон растений – конопли, льна, сезаля, агавы и пр. В распоржении моряков появились пеньковые, сезалевого и манильские

растительные канаты.

Проволочный канат был изобретен в Древнем Риме. При раскопках в Помпеях (город погиб в 44 г. н.э.) ученые нашли 4,5 м проволочного каната, состоящего из трех бронзовых ветвей по 19 проволок диаметром 0,7 мм в каждой. По-видимому, жители города использовали бронзовый трос на лебедке колодца. В древних рукописях есть указания на то, что в Китае проволочные канаты применялись при строительстве висячих мостов полторы тысячи лет назад.

Железные цепи, так же как и канаты, применялись еще древними мореплавателями.

Историки утверждают, что железную цепь в IV веке до н. э. приказал изготовить Александр Македонский. Следующее упоминание о якорных цепях из железа относится к 1 веку до н. э., к временам Юлия Цезаря. В своих «Записках о Галльской войне» Цезарь указывает, что видел у галлов на кораблях железные якорные цепи. И ко времени морского похода к Британским островам он позаботился о том, чтобы оснастить свои военные корабли цепями. Несколько лет назад на территории Англии в графстве Уэссекс нашли римский железный якорь и кусок якорной цепи, сросшейся с известняком.

Шестнадцать столетий понадобилось британцам, чтобы прийти до идеи безвестных галльских кузнецов, продукция которых попала на берега Англии еще в незапамятные времена. Лишь в 1638 году промышленник Филипп Уайт предложил снабдить корабли королевского флота якорь-цепями его изготовления.

Замена растительных канатов на цепи шла медленно. Не всякая фирма, занимавшаяся производством цепей, могла выпускать их с нужным сечением звеньев: техника кузнечно-горновой сварки не была еще достаточно освоена. Например, в двадцатых годах XX века поперечное сечение звена самой крупной якорной цепи было всего полтора дюйма. К середине минувшего столетия сечение звена якорных цепей удалось увеличить до 2,5 дюйма.

Выпуская якорные цепи, промышленники нередко забывали старинную поговорку: "Прочность цепи равна прочности ее самого слабого звена". И слишком часто лопнувшее звено якорной цепи приводило к авариям и кораблекрушениям.

Под давлением общественного мнения Регистр Ллойда в 1859 году выработал и провел актом через парламент требования о предварительных испытаниях якорных цепей перед поставкой их на английские суда. Спустя два года в Лондоне начала работать первая лаборатория для испытания на растяжение якорных

цепей, изготавливаемых в Англии.



Рис.П1.4.14. Якорная цепь современного корабля

Сейчас подавляющее большинство морских судов мира оборудовано сварными или литыми цепями с контрафорсами (рис.П1.4.14). По калибру самой большой в мире якорь-цепью



считается цепь американского авианосца "Саратога". Длина каждой его якорь-цепи 660 м, ее общий вес 246 т. Каждое звено с контрафорсом весит 163 кг, его длина 71 см, ширина 43 см.

## 1.5. Основные работы в монтажной зоне

Оборудование, поступающее с заводов-изготовителей в собранном виде, не требует сборочных операций при его монтаже. Монтаж технологического оборудования сводится в основном к его транспортированию с приобъектного склада в зону монтажа, такелажным работам внутри монтажной зоны, распаковке, расконсервации, установке на фундамент, на опорную металлическую конструкцию, железобетонное перекрытие или чистый пол, выверке в горизонтальной и вертикальной плоскостях, креплению фундаментными (анкерными) или самоанкерующимися болтами (дюбелями), испытанию на холостом ходу.

Несмотря на общее повышение степени заводской готовности комплектности технологического оборудования пищевых предприятий, некоторые виды оборудования поступают в монтаж с недостаточной степенью заводской готовности и комплектности.

Кроме того, ввиду значительных габаритов и массы часть оборудования поставляют отдельными блоками, узлами и сборочными единицами. Такой характер поставки повышает трудоемкость механомонтажных работ и требует высокой квалификации монтажного персонала.

### 1.5.1. Разметочные работы для установки оборудования

Разметочные работы для правильной ориентации технологического оборудования, конструкций и трубопроводов относительно главных осей здания (колонн, балок, стен) выполняют по рабочим чертежам технологической части проекта. Рациональное и достоверное выполнение разметочных работ необходимо для правильной установки оборудования в проектное положение, нормального сопряжения оборудования с приводами, коммуникационными линиями, соблюдение высотных отметок и технологических уклонов трубопроводов, предусмотренных рабочими чертежами.

Монтажная разметка заключается в определении положения монтажных осей и вспомогательных отметок, необходимых для обеспечения: соответствия ориентации и расположения оборудования относительно строительных конструкций; задан-

## Название дисциплины

ной точности взаиморасположения монтируемого оборудования; сокращения затрат времени на выполнение измерительных операций при выверке оборудования.

Ориентация и расположение монтируемого оборудования регламентированы проектной документацией и представлены на рабочих чертежах системой основных и вспомогательных размеров. Они указывают расстояния и их допустимые отклонения между главными осями строительных конструкций и главными монтажными и привязочными осями, габаритные размеры оборудования в плане и координаты крепежных элементов, соединительных элементов сопрягаемого оборудования.

При монтажной разметке проводят: проверку правильности расположения осей строительных конструкций и соответствия их чертежам; разбивку и разметку пространственного расположения монтажных осей; сверку по рабочим чертежам наличия и расположения закладных элементов, монтажных отверстий, опорных площадок и фундаментов под оборудование.

Координаты монтажных осей находят плоскопараллельным переносом строительных осей в горизонтальном и вертикальном направлениях, их поворотом или наклоном на заданный угол (рис.1.5.1). Обеспечение точности взаимного расположения основных и вспомогательных монтажных осей достигают нивелировкой. Устройство физических аналогов монтажных осей (обычно на высоте 2-2,2 м) состоит в натяжении струны, закрепленной жестко одним концом к строительным конструкциям. Другой конец с натяжным грузом проходит через ролик. В натянутом состоянии струна должна совпадать с положением монтажной оси. Для этой цели используют капроновую, шелковую, нейлоновую нити либо стальную проволоку диаметром 0,3-0,5 мм с массой натяжных грузов соответственно 7-20 кг, обеспечивающей натяжение струны до  $\frac{2}{3}$  ее разрывной нагрузки. Стрела прогиба струны диаметром 0,5 мм при длине 5, 10 или 15 м не должна превышать 24, 86 или 160 мкм, что согласовано с допустимыми отклонениями в расположении монтируемого оборудования.

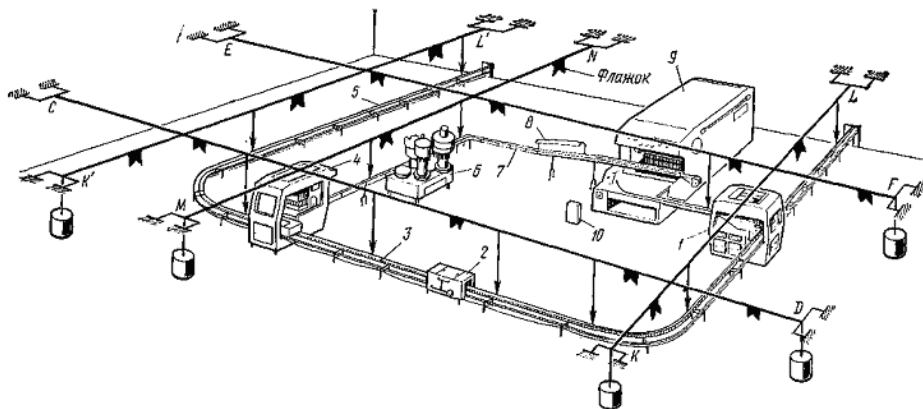


Рис.1.5.1. Разметка струнами производственного помещения: 1-10 – устанавливаемое технологическое оборудование; CD, EF, KL, MN – струны, натянутые противовесами; на струнах в необходимых по проекту точках закреплены отвесы, проектирующие точки на уровень пола

Соответствие положения струны монтажной оси обеспечивается путем вертикального и горизонтального перемещения одной из точек ее закрепления, выполняемой в виде кронштейна с двумя взаимно перпендикулярными микрометрическими винтами.

При установке нескольких струн параллельность их определяют измерением расстояния между ними или отвесами, опущенными с этих струн, а перпендикулярность – с помощью угольника.

Оси балок, продольную и поперечную монтажные оси при помощи отвесов проектируют на перекрытие. Прижимая шнур, натертый мелом или синькой, к отмеченным точкам, отбивают проекцию монтажной оси на пол перекрытия.

Для геодезического обоснования монтажа проводят параллельный и перпендикулярный переносы осей, применяя универсальные приспособления (рис.1.5.2) или проводя геометрические построения (рис.1.5.3) посредством шнура с закрепленным мелком, линейки и угольника.

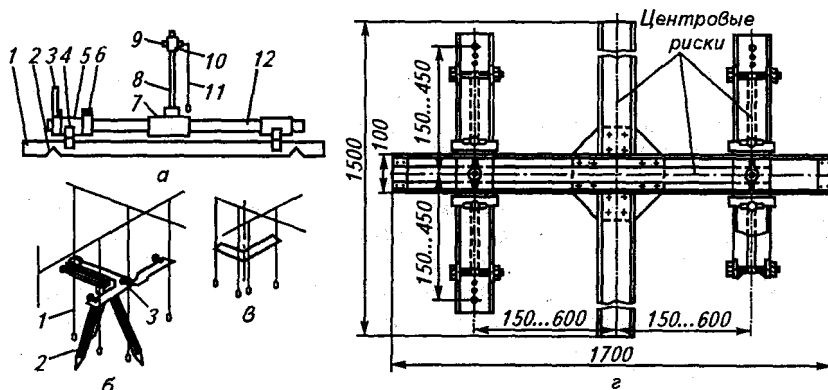


Рис.1.5.2. Универсальные приспособления для разметки линий, перпендикулярных или параллельных к заданной оси: а – поворотное: 1, 2 – основания; 3 – рукоятка; 4 – кронштейн; 5 – втулка; 6 – стопорный винт; 7 – тройник; 8 – штанга; 9 – разметочная игла; 10 – головка; 11 – отвес на нити; 12 – труба; б, в – для проведения перпендикулярных линий: 1 – отвес на нити; 2 – тренога; 3 – линейка; г – раздвижная линейка

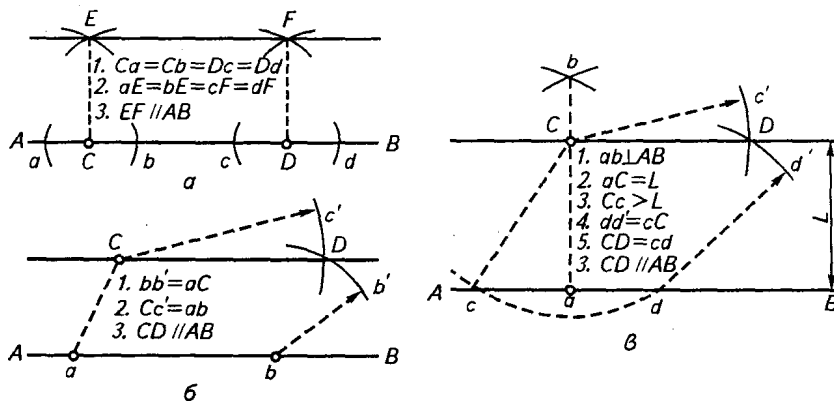


Рис.1.5.3. Построение на перекрытии монтажной оси, ориентированной относительно линии АВ: а – находящейся на произвольном расстоянии CE-DF; б – проходящей через точку С; в – находящейся на расстоянии L

Для параллельного переноса монтажной оси со струной

Название дисциплины

контактируют шнуры двух отвесов; через точки касания отвесов с перекрытием отбивают проекцию оси; далее, используя угольник, откладывают две перпендикулярные линии заданного размера, отбивают проекцию новой монтажной оси, которую при помощи отвесов поднимают на необходимую высоту, а затем закрепляют струну. Оси на этажи здания переносят при помощи отвесов, которые для предотвращения колебаний частично погружают в вязкую жидкость (масло, глицерин).

Перенос монтажных осей в соседние помещения проводят с использованием имеющихся в стене проектных (дверной проем, вентиляционное отверстие и т.д.) либо специально выполненных отверстий, через которые пропускают параллельную строительной оси струну, служащую базой для разметки монтажных осей в соседних помещениях. Перенос монтажных осей на выше- или нижележащие этажи выполняют также через отверстия с помощью отвесов.

Отмеченные на перекрытии проекции используют при разметке опорной поверхности для установки оборудования, координаты отверстий – для его укрепления и расположения материалопроводов, передач и других элементов. В случае группового монтажа однотипного оборудования для разметки опорной поверхности целесообразно применять шаблон из листового материала или рамы, что существенно сокращает затраты времени на разметку и значительно повышает ее точность.

При разметке помещений под монтаж оборудования важным является нанесение на стены линий, отмечающих уровень чистых полов.

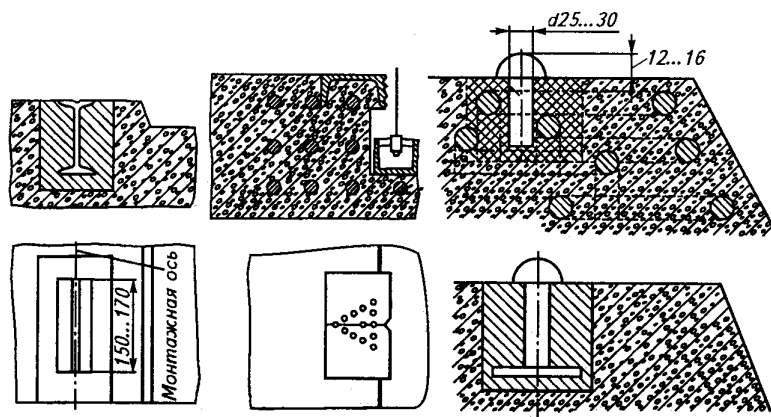


Рис.1.5.4. Схемы установки контрольных осевых плашек и

высотных реперов

Размеры по высоте проверяют с помощью нивелира от постоянной точки, высота которой заранее известна. Такую точку называют репером, а численное значение высоты – отметкой. Высотным репером может служить заклепка диаметром 25-30 мм, приваренная к арматуре фундамента или к пластине и залитая цементным раствором (рис.1.5.4).

Верхняя скругленная поверхность репера служит началом отсчета всех высотных отметок.

Высотные отметки наносят по гидростатическим уровням, точность которых  $\pm 1-2$  мм. Гидростатический уровень состоит из прозрачных разградуированных трубок, соединенных резиновым шлангом и заполненных водой (рис.1.5.5).

При расположении трубок на требуемом расстоянии одна от другой по закону сообщающихся сосудов уровень воды в них будет одинаковым, а линия, соединяющая мениски жидкости в трубках, – горизонтальной (пунктирная линия АБ на рис.1.5.5). Установив одну из трубок возле репера, а вторую – рядом с местом, куда необходимо перенести отметку, делают отсчет. Зная длину горизонтальной линии между менисками L и проектный уклон, можно найти разницу в уровнях трубок.

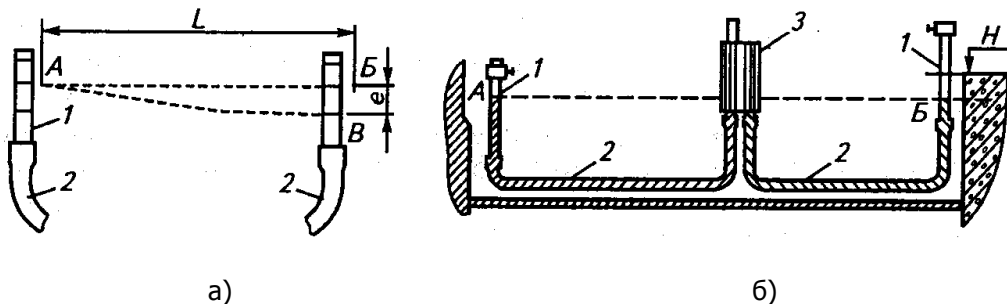


Рис.1.5.5. Схема применения гидростатических уровней:  
 а – обычного; б – с дополнительным бачком; 1 – трубка; 2 – шланга; 3 – бачок

Установку оборудования с более высокой точностью (до 0,5 мм) проверяют геодезическим инструментом – нивелиром. Геодезическую проверку при монтаже целесообразно выполнять в том случае, если оборудование имеет значительную длину (ленточные транспортеры, скребковые конвейеры).

**1.5.2. Выверка и установка оборудования на фундаменте**

## Название дисциплины

Технологическое оборудование устанавливают и выверяют, совмещая оси машин с монтажными осями, нанесенных на фундаментах под оборудование. Его 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. Ими являются крупные опорные части машин (станины, плиты, рамы, корпуса), устанавливаемые в первую очередь непосредственно на фундаменты, 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 регулировочные. 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. Про-

межуточные подкладки, необходимые 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 должны 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 (рис.1.5.6).

Станины крупного оборудования, требующего периодической регулировки положения в процессе эксплуатации, устанавливают на башмаках с клиновыми домкратами (рис. 1.5.6, б), на винтах, опирающихся на молотообразные головки (рис. 1.5.6, в), или на подкладках (рис. 1.5.6, г).

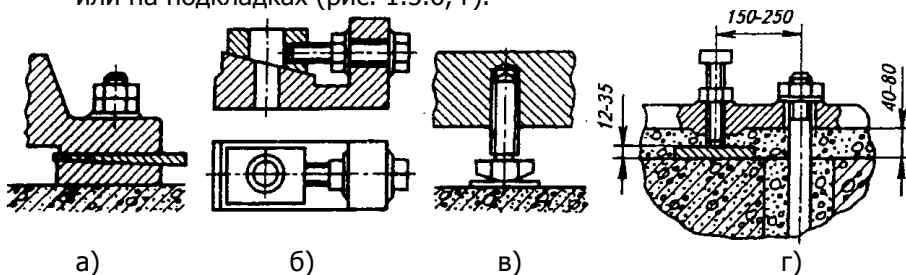


Рис.1.5.6. Приспособления для выверки расположения машины по высоте



Название дисциплины

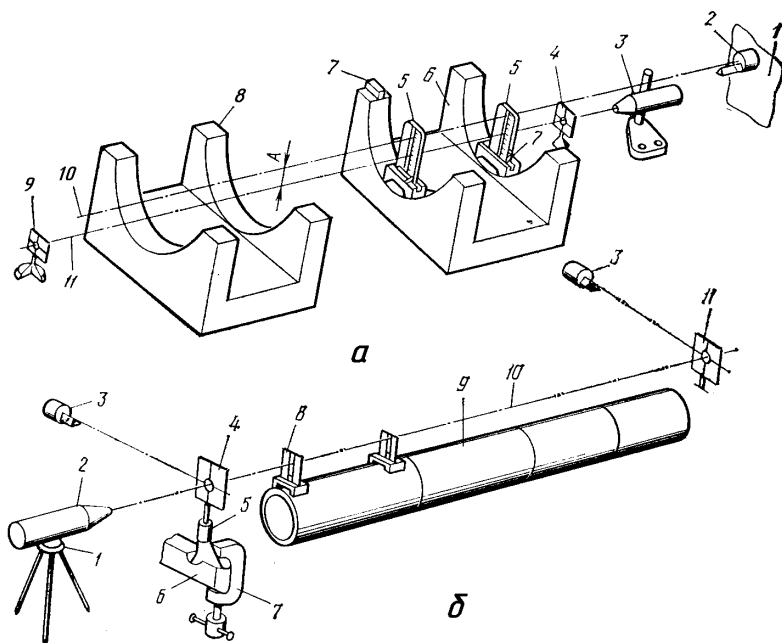


Рис.1.5.7. Схема выверки с помощью лазерного прибора: а – элементов оборудования (1 – корпус здания; 2 – стенной репер; 3 – лазерный прибор на штативе; 4 – начальная разметочная марка на стойке; 5 – рейки-призмы; 6 – первый выверяемый элемент; 7 – уровни; 8 – второй выверяемый элемент; 9 – конечная разметочная метка на стойке; 10 – ось монтируемой машины; 11 – луч лазера); б – протяженного трубопровода (1 – геодезический штатив; 2 – лазерный визир; 3 – реперы; 4 – начальная марка; 5 – стойка; 6 – элемент конструкции; 7 – струбцина; 8 – рейки-призмы; 9 – монтируемый трубопровод; 10 – луч лазера; 11 – конечная метка)

При использовании лазерного прибора (рис.1.5.7) контроль выверки сводят к регистрации факта створности в пределах помещения, где устанавливают оборудование. Луч лазера рекомендуется ориентировать по заданным точкам или уже установленному в проектное положение смонтированному элементу и контролировать отклонение от створности крайних точек оси выверяемого элемента или части трубопровода. По такой схеме контроля проводят регистрацию перекоса осей и отклонений от параллельности осей, прямолинейности оси и т.п.

Быстроходные машины устанавливают на монолитных под-

кладках, 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 быстротсхватывающемся 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).

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 при-вязывают 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 (рис.1.5.8), 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 (рис.1.5.8, 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 и в ослабленном виде передают нагрузку на фундамент.

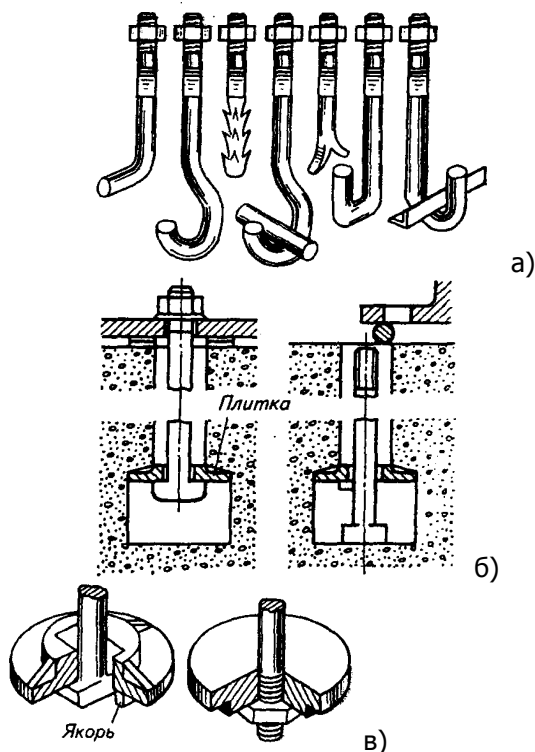


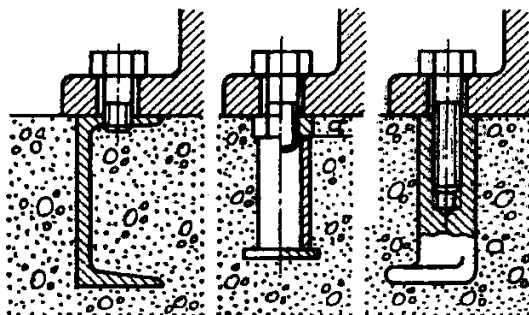
Рис.1.5.8. Фундаментные болты: а – заливной; б – фундаментный с шайбой;

в – варианты крепления нижнего конца фундаментного болта

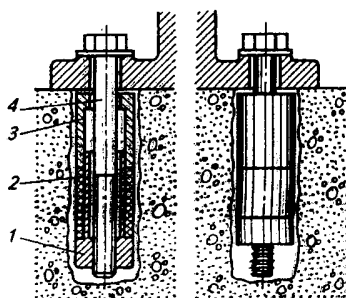
Чаще всего используют фундаментные болты с молоткообразной или нарезной головкой (рис.1.5.8, в). Болт опускают головкой в прорезь плиты и поворачивают до упора в специальные приливы в плите.

При холостом и рабочем опробовании машин ослабевшие болты подтягивают.

Новым видом крепления является установка фундаментных гаек (рис.1.5.9, а), которые более дешевы, чем заливные болты, и которые позволяют легко перемещать оборудование по цеху. Все гайки заделывают в фундамент заподлицо.



а)



б)

Рис.1.5.9. Новые виды креплений: а – фундаментные гайки; б – разжимная резиновая втулка:

1 – хвостовая часть; 2 – резиновая втулка; 3 – нажимная втулка; 4 – болт

В некоторых случаях машины закрепляют винтами с резиновой втулкой (рис.1.5.9, 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.

После выверки и закрепления оборудования, смонтирован-



## Название дисциплины

хорошие низкотемпературные свойства, однако быстро теряет прочность при температуре более  $65^{\circ}\text{C}$ , разрушается под действием масел, под действием солнечного света уменьшается ее прочность. Поэтому широкое применение получили синтетические, особенно силиконовые резины (они выдерживают температуру от  $-55$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ ).

При использовании резины в опорах для установки оборудования важными свойствами являются старение и ползучесть. Старение заключается в том, что в готовом резиновом изделии продолжаются 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. 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 высокочастотных колебаний. Для тяжелого оборудования применяют ковры и подкладки из сплошной резины с рифленой поверхностью (рис.1.5.10, а). Для виброизоляции очень больших ударных нагрузок, высокочастотных вибраций и шумов используют тканевые подкладки, пропитанные специальными синтетическими 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; появляется возможность регулировки устанавливаемой машины по высоте.

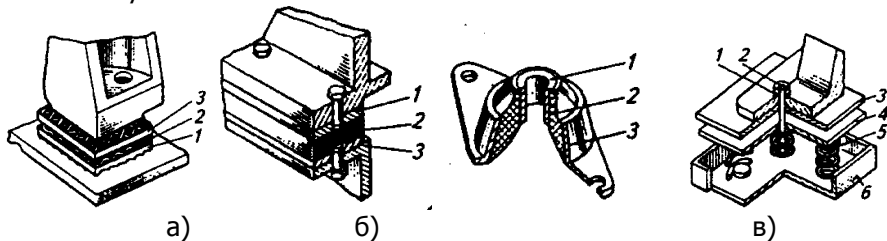


Рис.1.5.10. Виброзащитные устройства: а – установка машин на упругих подкладках: 1,3 – виброустойчивые подкладки; 2 – вулканизированная резина; б – трехслойные подкладки: 1,3 – металлические детали (кольца, пластины); 2 – вулканизированная резина; в – пружинные амортизаторы: 1 – винт с правой и левой резьбой; 2 – гайка; 3, 4- пластины; 5 – пружины; 6 – основание

Различные резинометаллические виброопоры показаны на рис.1.5.10, 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 рис.1.5.10, 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 из себя «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 для сжимающей нагрузки 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.

Производственные здания мельниц и крупозаводов многоэтажные, поэтому наряду с фундаментами, оборудование устанавливают и на межэтажные перекрытия. Такую установку проводят по одному из следующих способов: на металлических подкладках с подливкой бетонной смеси и с опиранием оборудования непосредственно на поверхность перекрытия (рис.1.5.11).

Во всех случаях оборудование крепят болтами, пропущенными через перекрытие, или болтами с коническим концом, устанавливаемыми в глухие отверстия перекрытий на глубину 4-5 диаметров болта.

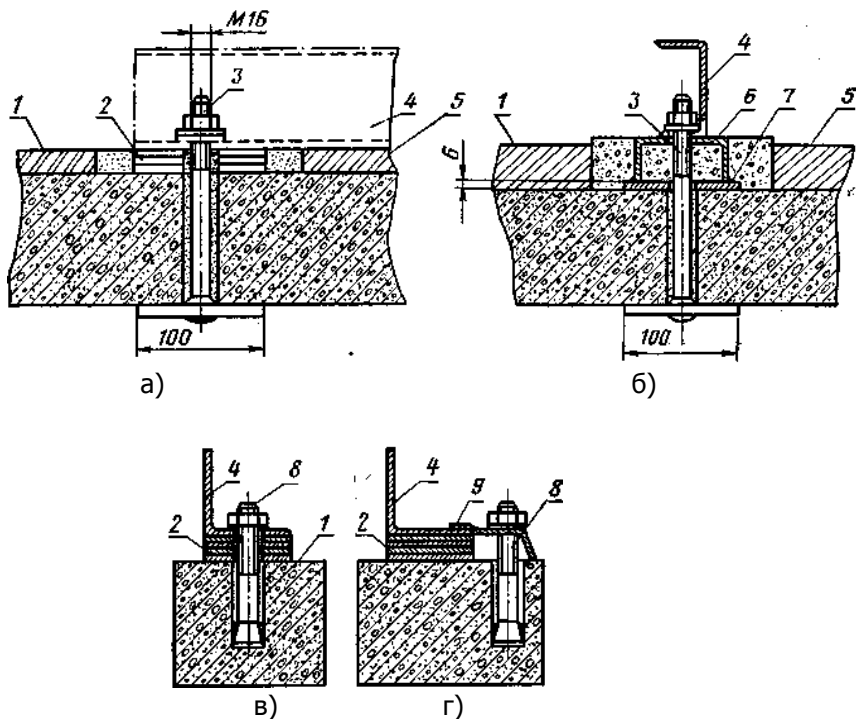


Рис.1.5.11. Варианты установки и крепления машин к межэтажным перекрытиям:

а, б – на перекрытиях с однослойным и двухслойным покрытием ксилолитом; в, г – с применением болтов с коническим концом с распорными втулками; 1 – уровень чистого пола; 2 – подкладка из полосовой стали; 3 – болт; 4 – рама машины; 5 – ксилолит; 6 – швеллер №8; 7 – стальная подкладка размером 100x100x6 мм; 8 – болт с коническим концом и распорной втулкой; 9 – лапка

Металлические подкладки изготавливают из листовой стали размером от 100x100 до 200x200 мм и толщиной 1-10 мм. Число подкладок в пакете должно быть минимальным и не должно превышать 5 шт. Общую высоту пакета определяют по толщине чистого пола. Подкладки должны плотно прилегать к перекрытию и основанию оборудования; их устанавливают с двух сторон каждого болта, а под оборудование, работающее без динамических нагрузок (транспортёры, триеры и др.), – с одной стороны болта.

Между опорными поверхностями строительных конструкций и головками болтов устанавливают монтажные круглые или квадратные шайбы, изготовленные из листовой стали толщиной 0,3 диаметра болта, с размерами граней квадратной шайбы и диаметром круглой шайбы не менее пяти диаметров болта.

При креплении оборудования и технологических металлоконструкций к перекрытиям гайки болтов надо располагать со стороны оборудования или металлоконструкций.

Установка оборудования на перекрытиях с применением металлических подкладок и болтов с коническим концом может быть выполнена по двум вариантам: с проходом болта через отверстия в станине машины или при помощи специальных лапок. Для предотвращения попадания под болт с коническим концом воды или масла засверленное отверстие после установки и затяжки болта заливают цементным раствором.

Для проверки правильной установки машин по отношению к горизонтальной и вертикальной плоскостям за базу принимают: а) специально предусмотренные на корпусах машин или в других местах наружные контрольные (базовые) площадки, приливы или риски; б) обработанные базовые поверхности деталей или узлов машин, выступающие за пределы корпуса (валы, шкивы, полумуфты и т.п.).

Вертикальность установки оборудования проверяют струной или рамным уровнем, а крупногабаритного – теодолитом. Вертикальность установки крупногабаритного оборудования, расположенного вне зданий (зерносушилки, нории, опорные металлоконструкции и т.д.), рационально проверять при помощи теодолитов с металлическими лимбами или со стеклянными.

Горизонтальность оборудования и металлоконструкций значительной протяженности (например, транспортёры) проверяют при помощи нивелиров, а в отдельных случаях, когда нужна большая точность установки, – гидростатическим уровнем.

Отклонения положения монтируемого оборудования от

проектных привязочных размеров не должны превышать нормативов, указанных в проекте, а при отсутствии таких указаний – следующих величин: для осей отдельно стоящей машины  $\pm 20$  мм; для осей группы машин, устанавливаемых в одном ряду,  $\pm 30$  мм; для высотных отметок  $\pm 10$  мм.

Регулируемые клиновые подкладки типа ПР для выверки оборудования при его монтаже выпускаются грузоподъемностью 3,5 и 10 кН с усилием на рукоятке 0,25-0,30 кН при максимальной высоте подъема 12 и 14 мм.

### **1.5.3. Монтаж крупных металлоконструкций и трубопроводов**

Металлоконструкции и нестандартизированное оборудование изготавливают на специализированных заводах монтажных заготовок и металлоконструкций, на производственной базе монтажных организаций или в ремонтно-механических цехах перерабатывающих предприятий.

Технология изготовления металлоконструкций и нестандартизированного оборудования включает заготовительные операции, сборочные, сварочные и окрасочные работы. Заготовительные операции заключаются в изготовлении шаблонов, разметке, резке и обработке кромок заготовок, гибке, вальцовке, штамповке и др.

Деформацию листовой стали в холодном состоянии выполняют на вальцах и прессах.

Размечают металл при помощи шаблонов из фанеры, картона, а также измерительных устройств, обеспечивающих требуемую точность и экономное расходование металлопроката с припусками на усадку от сварки, которые указаны на чертежах.

Резку деталей выполняют ножницами, дисковыми пилами, углошлифовальными машинами, а также при помощи автоматов и полуавтоматов для кислородной резки. Применяют также ручную кислородную резку. Детали не должны иметь неровностей, превышающих 1 мм после ручной кислородной резки и 0,3 мм после машинной кислородной и плазменно-дуговой резки. Кромки деталей из углеродистой стали зачищают. При обработке абразивным кругом следы зачистки должны быть направлены вдоль кромок.

Отверстия под болты изготавливают прошивкой или сверлением. Сверление монтажных отверстий выполняют после окончания сварки элементов.

При гибке деталей из углеродистой стали на кромкогибочных прессах внутренние радиусы закругления должны быть не

## Название дисциплины

менее 1,2 толщины стали для конструкций, воспринимающих статическую нагрузку, и 2,5 толщины – для конструкций, воспринимающих динамическую нагрузку, а из низколегированной стали – на 50% больше, чем для углеродистой. При сборке металлоконструкций используют кондукторы и шаблоны. Сборку выполняют из деталей и укрупненных элементов, очищенных от заусенцев, грязи, масла, ржавчины, влаги, льда и снега. Прихватки для соединения собираемых деталей размещают в местах расположения сварных швов. Длина прихваток должна составлять не менее 50 мм, а расстояние между ними – не более 500 мм.

Сборочные прихватки конструкций выполняют с применением сварочных материалов тех же марок, что и основные швы сварных соединений. Металлоконструкции сваривают преимущественно высокопроизводительными механизированными способами (автоматической и полуавтоматической сваркой под слоем флюса, в среде защитных газов, порошковой проволокой и др.).

Способ сварки определяется конструкцией и, как правило, его указывают в документации. Сварку конструкций выполняют электросварщики, имеющие удостоверение в соответствии с правилами аттестации сварщиков.

Сварные швы по внешнему виду должны удовлетворять следующим основным требованиям: гладкая или равномерная поверхность и плавный переход к основному металлу; наличие наплавленного металла по всей длине шва, отсутствие трещин; допустимая глубина подрезов основного металла 0,5 мм при толщине стали от 4 до 10 мм и 1 мм при толщине стали более 10 мм. Все каверны должны быть заварены.

Методы контроля сварных швов стальных конструкций приводятся в документации. При изготовлении всех типов конструкций систематически проверяют выполнение заданного технологического процесса сборки и сварки, наружный осмотр 100 % швов с проверкой размеров, а также выборочный контроль швов ультразвуковой или другой дефектоскопией. Листовые конструкции (баки, бункера), швы которых должны быть герметичными, испытывают на герметичность одним из следующих методов: опрыскиванием керосином, мыльной эмульсией при избыточном давлении или в вакуумном в резервуаре.

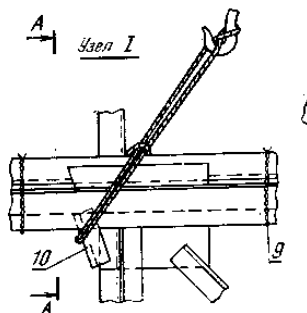
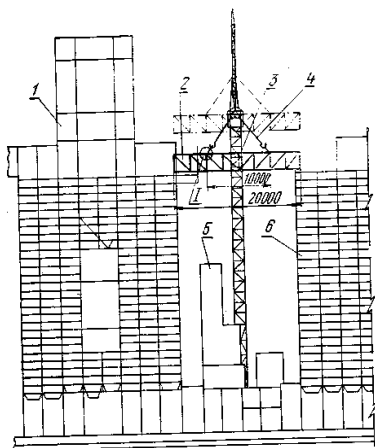
Допускаемые отклонения от заданных проектом действительных линейных размеров деталей и отправочных элементов конструкций регламентированы СНиП.

Подготовку к окраске, грунтование, окраску и маркировку металлоконструкций и нестандартизированного оборудования

осуществляют перед отправкой на монтажную площадку при положительных температурах (не ниже 5 °С). Материалами для грунтовки обычно служат органосиликатные мастики, густотертые краски и олифа. Лакокрасочные покрытия наносят последовательно после проверки качества очистки стальных конструкций и грунтования ровными слоями без пропусков и подтеков. Изготовленные конструкции маркируют в соответствии с документацией. Изготовитель должен выдавать сертификаты на металлоконструкции.

Монтируют металлоконструкции в соответствии с проектом производства монтажных работ. При этом должны быть обеспечены: устойчивость и неизменность смонтированной части конструкций на всех стадиях монтажа; устойчивость монтируемых элементов и их прочность при монтажных нагрузках; безопасность производства строительно-монтажных работ по совмещенному графику.

Основной метод производства монтажных работ – это монтаж крупными блоками. Например, транспортную галерею собирают и монтируют целиком (рис.1.5.12), строповка универсальными стропами УСК. Однако места захвата разрабатываются монтажной организацией конкретно под ее ответственность.



Название дисциплины

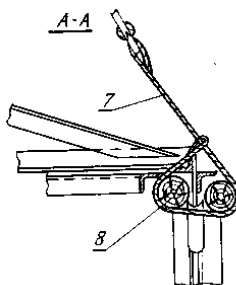


Рис.1.5.12. Монтаж верхней транспортной галереи на элеваторе ЛСВ-4Х175: 1 – рабочее здание; 2 – транспортная галерея длиной 20 м; 3 – башенный кран КБ-160; 4 – строп 4СК-8.0; 5 – зерносушилка; 6 – силосный корпус; 7 – строп УСК-2,5-2; 8 – деревянная подкладка; 9 – скрутка; 10 – инвентарная подкладка

Особенно тщательно выполняются болтовые соединения металлических конструкций с опорами, ведь они должны стоять годами, часто под открытым небом. Правила их выполнения рассмотрены выше.

Обычно монтаж металлоконструкций выполняют параллельно с монтажом технологического оборудования. Основной метод производства работ – монтаж крупными блоками. Степень укрупнения определяется планом производственных работ.

В подготовительный период тщательно изучают техническую документацию, принимают фундаменты, опорные плиты и строительные конструкции по акту, проверяют комплектность металлоконструкций.

Разбивочные оси, необходимые для монтажа металлоконструкций, наносят на поверхности фундаментов вне контура опоры конструкций. Допускаемые отклонения ( $\pm$ ) от проектных размеров положения разбивочных осей оснований, фундаментов и других мест установки конструкций при интервале размеров между осями до 9 м должны составлять 3 мм, от 9 до 15 м – 4 мм, от 15 до 21 м – 5 мм, от 21 до 27 м – 6 мм, от 27 до 33 м – 7 мм.

Укрупненную сборку монтируемых металлоконструкций перед их подъемом и установкой в проектное положение выполняют на специальных площадках.

Сварку и окончательную затяжку болтов проводят только после проверки правильности положения установленных конструкций. Головки и гайки болтов должны плотно соприкасаться с плоскостями элементов конструкций и шайб. Под головки и гайки

болтов нормальной и повышенной точности устанавливают круглые шайбы (не более двух под гайку и одной под головку болта), а в местах примыкания к наклонным плоскостям – косые шайбы. Под головки и гайки высокопрочных болтов подкладывают термически обработанные шайбы (по одной под каждую головку и гайку).

Качество затяжки болтов нормальной и повышенной точности проверяют путем обстукивания молотком (болт не должен дрожать или перемещаться), а плотность затяжки — щупом толщиной 0,3 мм, который не должен проходить вглубь более чем на 20 мм между соединенными деталями. При установке высокопрочных болтов крутящий момент, необходимый для натяжения болтов, рассчитывается по формуле

$$M_{KP} = kPd,$$

где  $k$  – коэффициент закручивания, устанавливаемый стандартами или ТУ на болты;  $P$  – заданное усилие натяжения болта, указанное в чертежах, Н;  $d$  – номинальный диаметр болта, см.

Натяжение болта обеспечивают затяжкой гайки динамометрическим ключом до расчетного крутящего момента.

Укрупненные элементы устанавливают в проектное положение при инструментальном контроле правильности установки конструкций. Окончательно выверяют и закрепляют конструкции по ходу монтажа каждой пространственно-жесткой секции сооружения.

Смонтированные стальные конструкции, бетонированные в ходе проведения последующих работ, подлежат промежуточной приемке с составлением актов.

При монтаже элементов стальных конструкций допускаемые отклонения не должны превышать определенных значений (табл.1.5.1).

Таблица 1.5.1

Допускаемые отклонения при монтаже стальных конструкций

Колонны и опоры	Отклонения, мм
Отклонение отметки опорной поверхности колонн и опор	±5
Смещение осей колонн и опор относительно разбивочных осей (в нижнем сечении)	±5

## Название дисциплины

Отклонение оси колонны и опоры от вертикали в верхнем сечении при высоте колонны, м:	
до 15	15
более 15	0,001 высоты колонны или опоры
Стрела прогиба (кривизна) колонны	1/750 высоты колонны
Отклонение отметок опорных узлов:	
ригелей	$\pm 20$
пролетных строений транспортных галерей	$\pm 15$
Стрела прогиба (кривизна) между точками закрепления участков сжатого пояса из плоскости ригеля или балки	1/750 размера закрепленного участка, но не более 15
Отклонение расстояний между прогонами	$\pm 5$

На мельницах широко используют трубопроводный транспорт. Это – самотечные трубопроводы для зерна и продуктов его размола, пневмотранспортные системы для перемещения зерна и продуктов размола (обычно они работают под повышенным давлением), система аспирации (работает под разрежением) и, наконец, вспомогательные системы, обеспечивающие подачу пара воды и отвод различных стоков.

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. Выбор того или иного типа соединения обуславливается многими факторами. Основными из них являются материал соединяемых деталей, характер передаваемой среды (способность к застыванию, наличие осадка, токсичность и т.д.), необходимость частых разборок, огне- и взрывоопасность производства, давление и температура транспортируемой среды.

Соединение сваркой встык широко применяют для стальных, алюминиевых, реже – для винипластовых и полиэтиленовых



труб (рис.1.5.13). Латунные и медные трубы часто соединяют внахлестку пайкой: гладкий конец одной трубы вставляют в расширенный (развальцованный) конец другой и пространство между трубами заполняют жидким припоем. Аналогично могут быть соединены между собой винипластовые и полиэтиленовые трубы.

Для раструбного соединения чугунных труб гладкий конец одной трубы вставляют в раструб другой, кольцевое пространство частично заполняют пеньковой прядью, а затем увлажненным цементом. На раструбах соединяются также керамические, графитовые, а иногда и фаолитовые трубы. В этих случаях пространство внутри раструба заполняют прядью кислотоупорного материала (например, асбеста) и кислотоупорной замазкой.

Для соединения стальных труб на резьбе на их концах нарезают мелкую (так называемую «трубную») резьбу и закручивают соединительную стальную муфту. Разновидностью такого соединения является «сгон». Оно облегчает разборку трубопровода. Для винипластовых труб иногда применяют резьбовое соединение. При этом концы труб усиливают муфтами, приклеиваемыми к ним.

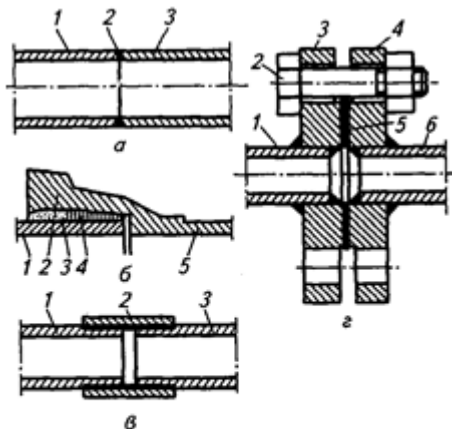


Рис.1.5.13. Соединение труб:  
 а – сварной встык; б – раструбное  
 соединение чугунных  
 водопроводных труб

Наиболее распространено фланцевое соединение труб (рис.1.5.13, г). Это объясняется возможностью массового заводского изготовления фланцев, удобством разборки этого соединения, а также тем, что в подавляющем большинстве случаев при устройстве трубопроводов применяют фланцевую арматуру. Фланец представляет собой диск, приваренный к концу трубы.

Наружная торцевая поверхность диска обработана, а диск установлен перпендикулярно к продольной оси трубы. Фланцы парно стягивают болтами, проходящими через просверленные в них отверстия. Герметичность соединения достигается с помощью прокладок из упругого материала, устанавливаемых между фланцами. Конструкция фланца зависит от материала трубы, внутреннего давления трубопровода, температуры транспортируемой среды и других факторов. Фланец можно крепить к трубе не только на сварке, но и на резьбе. Широко применяют фланцы, свободно сидящие на трубе и удерживаемые на ней за счет отбортовки концов труб или приваренные к трубам бортами. Торцевые поверхности фланцев выполняют не только гладкими, но и по типу «выступ – впадина» и «шип – паз». Такие уплотняющие поверхности позволяют достичь надежной герметичности соединения при высоких внутренних давлениях и предупреждают выбивание прокладок из-под фланцев.

Соединительные части (фасонные детали, фитинги) служат для соединения между собой отдельных отрезков труб. При этом в большинстве случаев они выполняют еще одну или две функции: изменение диаметра или направления трубопровода, ответвление от трубопровода одной или двух линий такого же или меньшего диаметра. Соединительные части изготавливают из того же материала, что и трубы, для которых они предназначены. Концы их выполняют резьбовыми, фланцевыми или раструбными.

Колена, отводы и угольники применяют для изменения направления трубопровода, переходы – для соединения труб разного диаметра, тройники и кресты – для создания одного или двух ответвлений.

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

- подвеска 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

$$L = \sqrt{12\sigma_H W / (100m)},$$

где  $L$  – длина пролета;  $\sigma_H$  – допустимое напряжение на изгиб;  $W$  – момент сопротивления прокладываемой трубы;  $m$  – масса 1 м трубопровода, наполненного водой и покрытого изоляцией.

Площадь поперечного сечения опоры в опасном сечении определяют исходя из расчетной нагрузки на одну опору:

$$\sigma = 15 \cdot L \cdot m.$$

Примеры крепления мельничных трубопроводов для подачи воздуха показаны на рис.1.5.14. При прокладке трубопроводов через стены и перекрытия в подготовленные для них отверстия устанавливают гильзы. Диаметр гильзы должен быть на 3-5 мм больше внешнего диаметра трубопровода. Если горячие трубопроводы проходят через огнеопасные перегородки и перекрытия, то между ними и трубопроводами оставляют зазор. Если же трубопровод проходит через перекрытие или перегородку, отделяющие огнеопасные помещения от неогнеопасных, то отверстие в гильзе тщательно заделывают цементным раствором.

Основные требования к качеству монтажа трубопроводов для воздуха: их подвешивают к перекрытиям, балкам, фермам на специальных креплениях или на хомутах, а вдоль стен и по колоннам их крепят на консолях или кронштейнах.

Название дисциплины

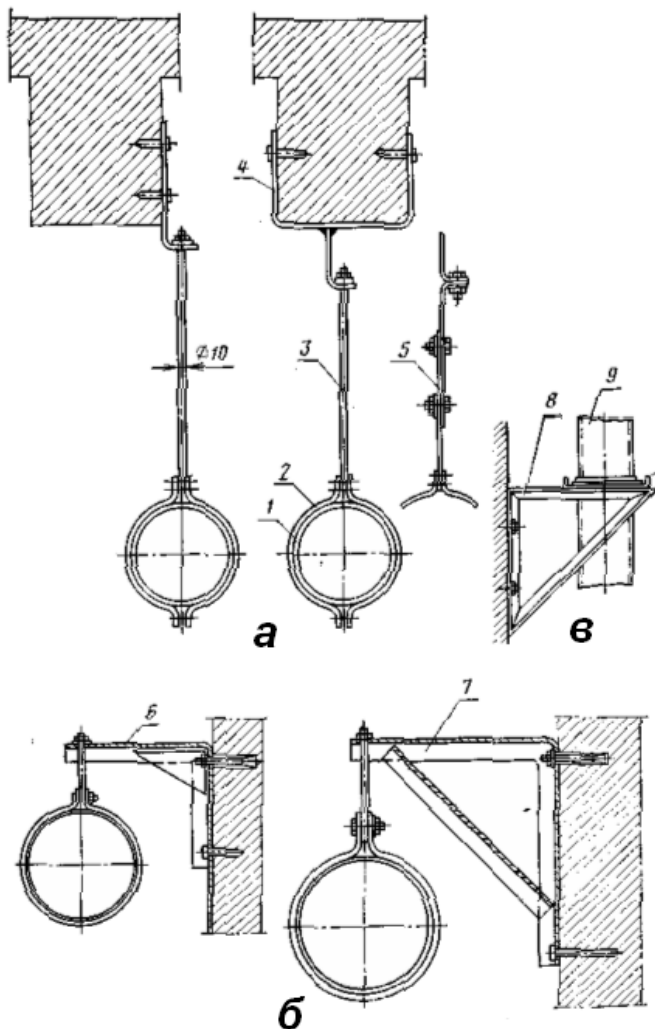


Рис.1.5.14. Крепление трубопроводов для воздуха: а, б – горизонтального воздухопровода к строительным балкам на подвесках и кронштейнах; в – вертикального воздухопровода к стене на кронштейне; 1 – горизонтальный участок воздухопровода; 2 – хомут подвески; 3 – тяга подвески из прутка; 4 – кронштейн подвески (крепят дюбелями); 5 – телескопическая тяга подвески; 6 – кронштейн для труб диаметром до 315 мм (крепят коническими болтами и дюбелями); 7 – кронштейн для труб диаметром более 400 мм (крепят коническими болтами и дюбелями); 8 – кронштейн для подвески вертикального воздухопровода; 9 –

## вертикальный воздухопровод

Монтаж мельничных трубопроводов для воздуха проводят в два этапа: подготовительный и основной.

Подготовительный этап монтажа. На сборочной площадке разбирают контейнеры с деталями трубопроводов. Детали сортируют и комплектуют их (на основе документации проекта производства работ) по сетям, этажам в контейнеры и укрупняют в блоки, удобные для подъема в проектное положение. Длинномерные блоки трубопроводов соединяют между собой металлическим каркасом.

Внутри производственных помещений делают разметку мест крепления в местах прохождения трубопроводов шнурами с бирками; закрепляют подвески и кронштейны для установки трубопроводов, устанавливают входные и выпускные патрубки; расчищают отверстия через стены и перекрытия, подготавливают монтажный инвентарь; монтируют механизмы и приспособления для такелажных работ, устанавливают на отдельных этажах верстаки, механизмы и приспособления для производства подгоночных работ (резки труб, отбортовки кромок и др.), в случае необходимости – сварочное оборудование; очищают внутреннюю поверхность от остатков транспортируемых материалов.

Основной этап монтажа. К нему приступают после установки всего технологического оборудования и выполнения крепёжных работ в местах прохождения трубопроводов. Монтажно-сборочные работы выполняют в такой последовательности:

а) поднимают контейнеры с деталями трубопроводов в зону монтажа; поднимают на проектные отметки собранные блоки труб башенным краном или монтажной стрелой;

б) разбирают и сортируют детали по сетям с разноской их по этажу;

в) собирают на полу магистральные трубопроводы в укрупненные блоки (длиной 6-8 м, в зависимости от местных условий);

г) поднимают блоки трубопроводов рычажной лебедкой в проектное положение и подвешивают их с монтажной вышки к ранее установленным креплениям (рис.1.5.15);

д) соединяют концы труб требуемым для данного типа способом.

Воздухопроводы. Воздухопроводы систем аспирации, вентиляции и пневмотранспорта комплектуют типовыми деталями, поставляемыми заводами или мастерскими монтажных организа-

ций.

Основной этап монтажа показан на рисунке 1.5.15.

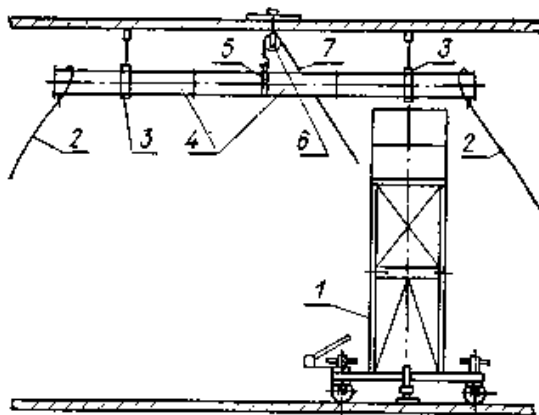


Рис.1.5.15. Установка в проектное положение укрупненного блока горизонтального воздухопровода: 1 – монтажная вышка; 2 – оттяжки; 3 – подвески для крепления воздухопроводов; 4 – блоки воздухопроводов; 5 – строп универсальный УСК-2-2; 6 – блок; 7 – канат к лебедке

Блок воздухопроводов поднимают рычажной лебедкой в проектное положение и подвешивают его к ранее установленным креплениям, затем собирают на прокладках фланцевые соединения.

После окончания монтажа горизонтальных магистральных воздухопроводов подбирают и комплектуют детали ответвительных воздухопроводов, соединяющих машины с магистральным технологическим оборудованием.

Элеваторные самотечные трубы комплектуют из типовых деталей. В связи с тем, что по ним транспортируется зерно, трубы испытывают большие нагрузки, и поэтому их изготавливают из прочного металла.

Соединяются элеваторные трубопроводы фланцевыми соединениями с картонными прокладками толщиной 1,5-2,0 мм.

На рис.1.5.16 показана схема монтажа укрупненных блоков элеваторных трубопроводов для отпуска зерна на железнодорожный транспорт.

Блоки поднимают на проектные отметки башенным краном или лебедкой с монтажной стрелой. Соединения трубопроводов на высоте и раскрепление их проводят с люльки.

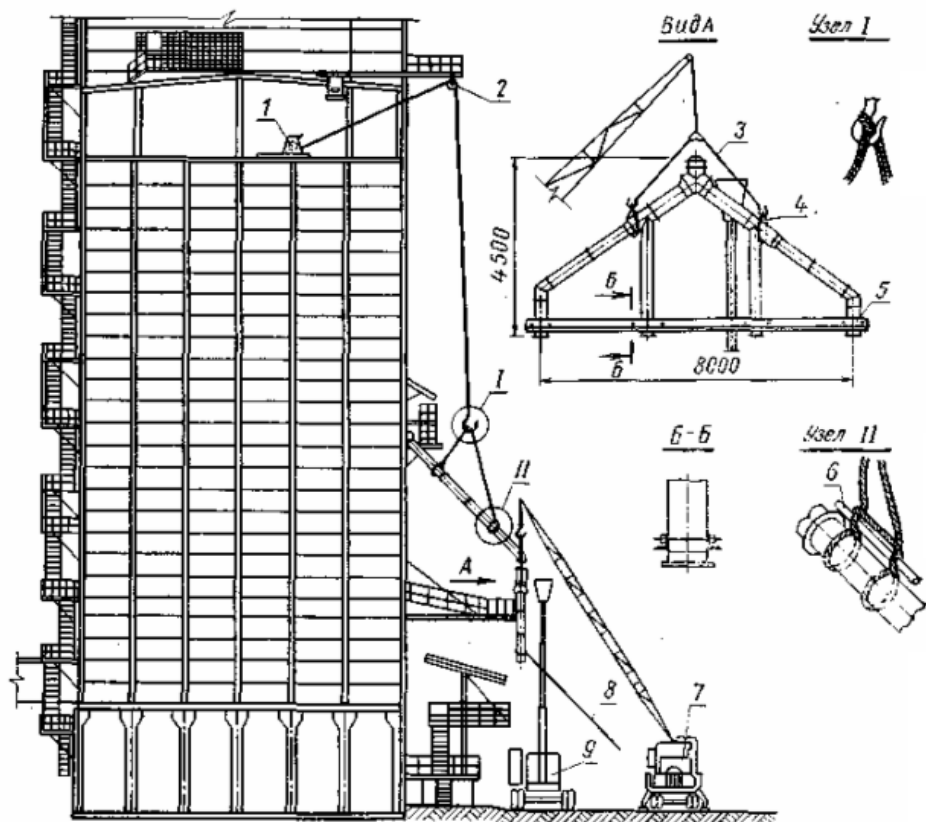


Рис.1.5.16. Монтаж наружного зернопровода, предназначенного для отпуска зерна в железнодорожные вагоны: 1 – лебедка ручная грузоподъемностью 1 т; 2 – блок однорольный грузоподъемностью 1,6т; 3 – строп УСК-2; 4 – строп УСК-1,0-2; 5 – стяжка (уголок равнополочный размером 63X X63X5 мм); 6 – закладная труба; 7 – автомобильный кран; 8 – оттяжка (канат пеньковый 20 мм); 9 – телескопическая вышка

Сборку блоков зернопроводов и их установку проводят на каждом этаже по ходу зерна сверху вниз после установки оборудования.

Перед окончательной сборкой и закреплением блоков проверяют: а) соблюдение допустимых углов наклона трубопроводов; б) сохранение необходимых проходов и доступа к местам обслуживания; в) удобство расположения и управления с пола

реечными задвижками и перекидными клапанами.

Основные требования к качеству монтажа элеваторных трубопроводов. Они не должны пересекать главные проходы ниже 2,2 м от пола, затруднять обслуживание машин, проходить непосредственно перед оконными проемами. Углы наклона элеваторных трубопроводов должны соответствовать чертежам коммуникации проекта. Трубопроводы, служащие для заполнения бункеров, заканчивают на расстоянии не менее 300-350 мм от верхнего уровня этих бункеров. Вертикальные трубопроводы не должны иметь отклонения в пределах этажа от отвесной линии не более чем на 2 мм на 1 м высоты.

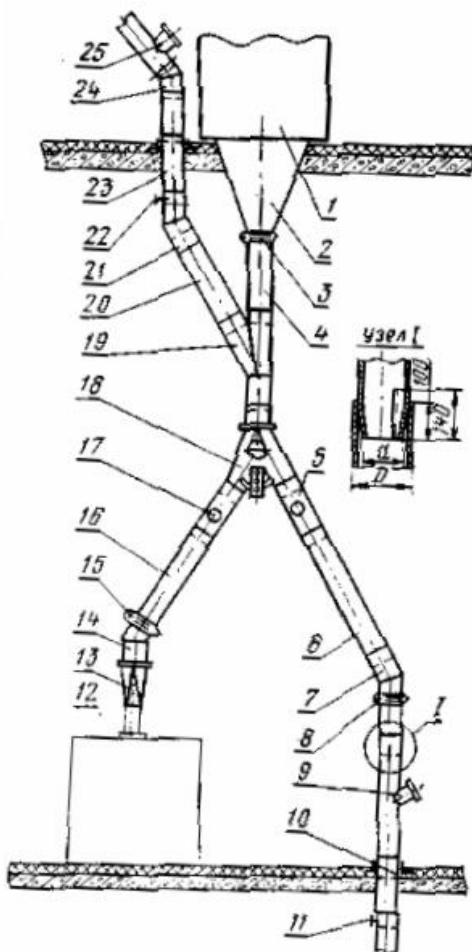
Мельничные трубопроводы (самотечные трубы) на фальцевых соединениях комплектуют из типовых деталей (рис.1.5.17). До начала монтажных работ все технологическое и подъемно-транспортное оборудование должно быть смонтировано, чтобы соединять их по месту.

Монтаж трубопроводов ведут по натянутым шнурам с верхнего этажа в направлении сверху вниз. Детали трубопроводов на фальцевых соединениях собирают в магистраль, вдвигая одну деталь в другую на 100 мм (см. рис.1.5.17). Такой трубопровод для удобства разборки должен иметь в пределах каждого этажа два манжетных соединения: одно под потолком, а второе ближе к полу.

Углы наклона самотечных трубопроводов должны быть не менее 32° для сухой пшеницы, до 60° – для мелкой мучной пыли циклонов; 45-50° – для продуктов помола. Необходимые углы наклона обеспечиваются поворотным коленом путем смещения в фальцевом соединении двух его половинок относительно друга в пределах 130-140°.

Пропуск трубопроводов через перекрытия выполняют при помощи прямых проходных патрубков, заделанных в перекрытиях, непосредственный проход трубопроводов через перекрытия не допускается.





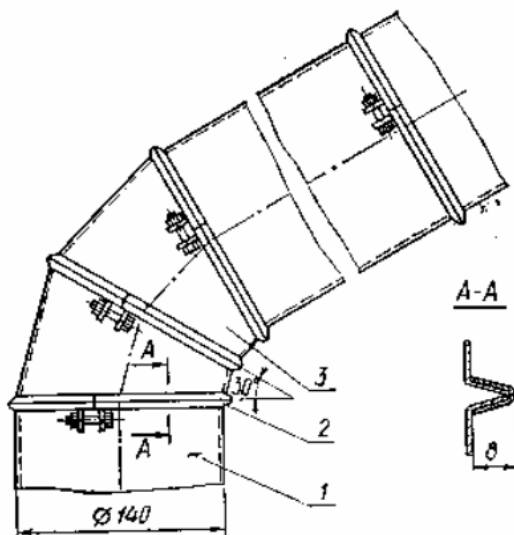


Рис.1.5.17. Монтаж мельничных трубопроводов способом вдвигания одной детали в другую: 1, 12 – машины; 2 – бункер; 3, 8, 15 – соединительные манжеты; 4, 6, 16, 20 – цилиндрические трубы; 5, 17 – смотровые люки наклонных труб; 7, 14, 21, 24 – поворотные колена; 9 – смотровой люк вертикальной трубы; 10, 23 – проходные патрубки; 11, 22 – болты М10; 13 – входной патрубок в машину; 18 – делитель с одним люком; 19 – односторонний ввод; 25 – узел соединения деталей методом вдвигания одной детали в другую ( $D > d$ )

Около вводов, делителей и на нижнем трубопроводе, проходящем через этаж, устанавливают лючки на высоте 0,5-0,6 м от пола.

Монтаж продуктопроводов пневмотранспорта. В сетях пневмотранспорта в качестве продуктопроводов применяют стальные бесшовные холоднодеформированные трубы с наружным диаметром от 60 до 200 мм (21 типоразмер) с толщиной стенки 2-5 мм. Детали продуктопроводов (прямые участки, отводы, соединительные муфты, фланцы, смотровые вставки, патрубки для шлюзовых затворов и др.) изготавливают и комплектуют на заводах или в мастерских (рис.1.5.18) по нормалям ЦНИИпромзернопроект.

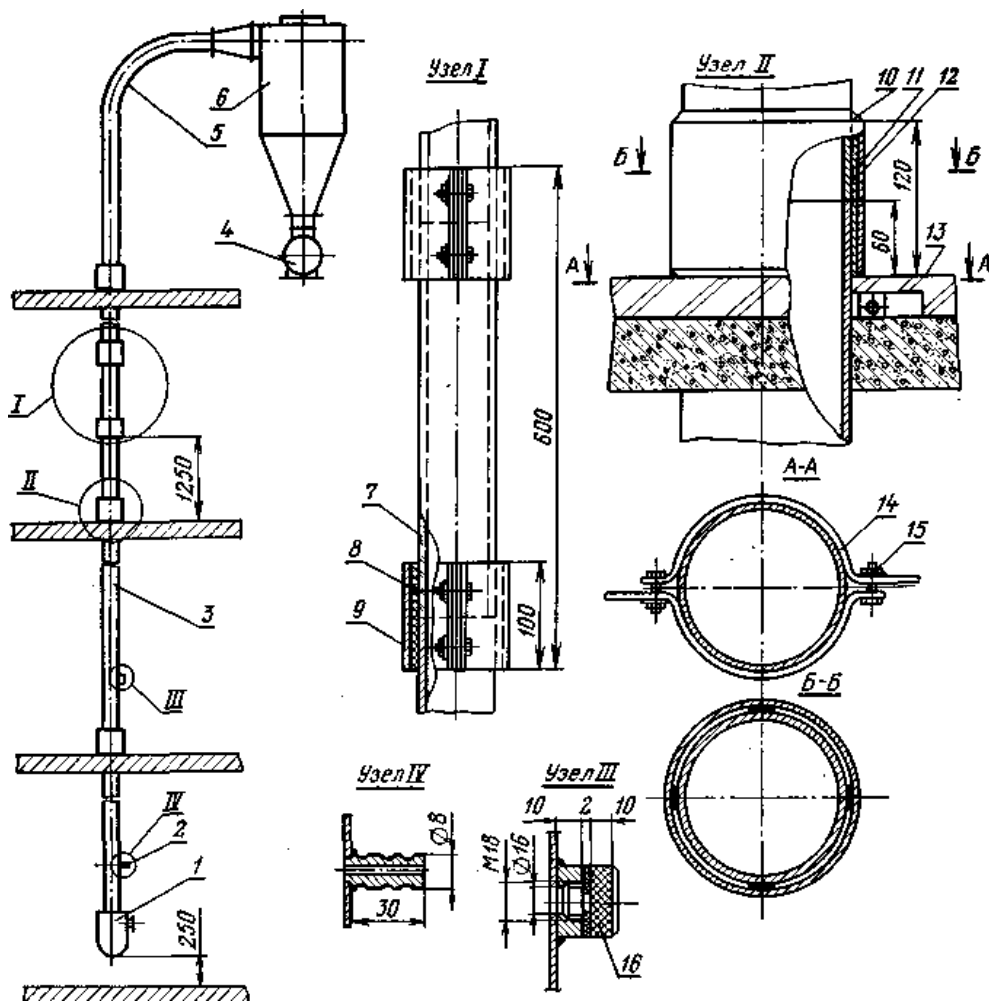


Рис.1.5.18. Пример монтажа продуктопровода пневмотранспорта: 1 – пневмоприемник; 2 – штуцер для присоединения измерительной аппаратуры; 3 – продуктопровод; 4 – шлюзовой затвор; 5 – отвод; 6 – разгрузитель; 7 – вставка из органического стекла; 8 – прокладка резиновая; 9 – манжета; 10 – уплотнение; 11 – центрирующая пластина; 12 – муфта, приваренная к трубе; 13 – ксилолит; 14 – хомут из полосы (32X4 мм) или уголка (30X30X5 мм); 15 – болт М8Х30 мм; 16 – пробка к отверстию, используемому для аэродинамических измерений

Соединяются трубы соединительными муфтами 12, но могут и сваркой. Трубу крепят к перекрытию при помощи хомута 14 из угловой стали. Участки труб в местах прохода через перекрытия обертывают толем для возможности их замены.

После разгрузителя в трубу врезают штуцер III, на котором монтируют прибор для измерения скорости воздуха. В местах, предусмотренных проектом, сделаны отверстия с пробками IV для аэродинамических измерений. Смотровой патрубок 7 монтируют между стальными трубами и в стыках плотно охватывают манжетой 9 с резиновой прокладкой 10. Все смотровые патрубки в пределах этажа должны быть на одной высоте.

После выверки продуктопроводов все верхние кромки соединительных муфт тщательно зашпаклевают.

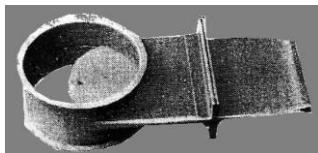
Горизонтальные продуктопроводы закрепляют на подвесках или кронштейнах, как и воздухопроводы.

Требования, предъявляемые к качеству монтажа продуктопроводов пневмо-транспорта. При монтаже продуктопроводов надо обеспечить герметичность соединяемых деталей. Отклонение вертикальных трубопроводов от отвесной линии допускается не более 2 мм на 1 м высоты; фланцевые соединения должны иметь резиновые прокладки толщиной 3-5 мм.

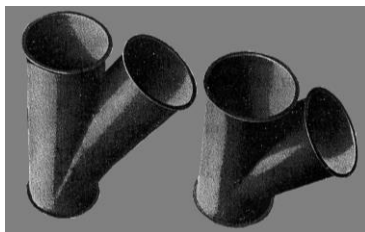
Продуктопроводы аэрозольтранспорта. Для них применяют трубы стальные бесшовные холоднодеформированные, стальные бесшовные горячекатаные, электросварные прямошовные и водогазопроводные. Отводы изготавливают только из бесшовных труб. При прокладке труб необходимо обеспечить уклон их в сторону движения аэросмеси. Стыковка труб должна быть точной, без уступов. Соединение труб выполняют на фланцах.

При монтаже мельничные трубопроводы, расположенные на значительном расстоянии друг от друга и подлежащие объединению на нижележащем этаже, группируют в определенном порядке (рис.1.5.19), используя стандартные элементы.

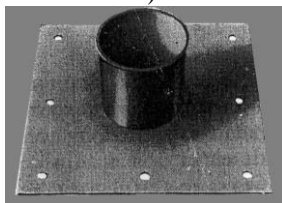
Название дисциплины



1)



2)



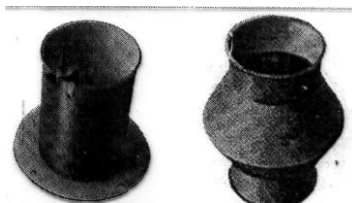
3)



4)



5)



6)



7)



8)

Название дисциплины

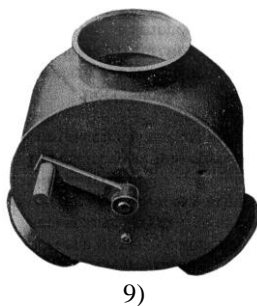


Рис.1.5.19. Детали мельничных трубопроводов: 1 – запорная задвижка; 2 – У-ответвленная; 3 – соединительный насадок; 4 – тройники; 5 – разделительные отводы; 6 – отражательный патрубок; 7 – патрубок с магнитом; 8 – воронка; 9 – клапанный распределитель с контактным датчиком

Окраска трубопроводов. Трубопроводы окрашивают 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). Это облегчает распознавание нужного трубопровода и ознакомление со схемами трубопроводов, способствует избежанию ошибок при эксплуатации и увеличивает безопасность работы.

Отличительные знаки и цвета окраски, приводимые в правилах безопасности для взрывоопасных химических производств, указаны в табл.1.5.2.

Таблица 1.5.2

Отличительная окраска трубопровода

Химическое вещество	Цвет
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

## Название дисциплины

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

Условные цвета окраски не предусматривают всех сред, которые могут передаваться по трубопроводам. На практике приходится уточнять цвета окраски в зависимости от рода транспортируемых жидкостей. Например, нельзя окрасить трубопровод для азотной и муравьиной кислот в один и тот же цвет, так как смешение этих кислот, возможное из-за одинакового цвета окраски трубопроводов, может привести к аварии. Вследствие этого отличительные знаки и цвета окраски часто разнообразят. Но по всей длине трубопровод должен быть окрашен в один цвет (рис.1.5.20).

Для облегчения работы аппаратчиков и предотвращения ошибок при открывании и закрывании арматуры на ней наносят красную стрелку, показывающую направление движения среды в трубопроводе. Кроме того, на арматуре, а при сложной схеме и на отдельных участках трубопроводов должны иметься бирки с надписями, поясняющими назначение трубопровода. Размеры букв на этих надписях должны быть такими, чтобы их можно было видеть с расстояния не менее 5 м при имеющемся в цехе освещении.

Кольца, наносимые на трубы, в зависимости от наружного диаметра трубопровода (или изоляции) должны иметь ширину от 50 до 200 мм. Расстояние между кольцами – 1-2 м.



Рис.1.5.20. Общий вид систем трубопроводов мельницы (верхние этажи)

#### **1.5.4. Наладочные работы при подготовке оборудования к пуску**

Наладка – это система мероприятий по подготовке смонтированного оборудования к работе в режимах нормальной эксплуатации. Это довольно сложный и творческий вид работ, требующий высокой квалификации исполнителей.

После монтажа получают груды «мёртвого» чистенького оборудования, никогда не работавшего с продуктом. Проверка его работы при индивидуальном опробовании в период сдачи смонтированного оборудования в наладку ещё не гарантирует его работу, оно не отрегулировано индивидуально и в комплексе, во взаимодействии с другими машинами. И, наконец, совершенной загадкой остаётся его работа с сырьём-продуктом, как оно будет его перерабатывать и какие качественные и количественные показатели будут достигнуты.

Решить все эти проблемы, вдохнуть жизнь в «мертвое железо» должны наладчики.

Принципы организации наладочных работ. Наладкой и пус-



## Название дисциплины

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

Наладочные работы подразделяют на пусконаладочные, проводимые в периоды подготовки смонтированного оборудования к эксплуатации, и на наладочные, выполняемые в процессе эксплуатации.

К пусконаладочным работам относят комплекс наладочных работ, выполняемых в период индивидуальных испытаний и в период комплексного опробования оборудования. Отдельно от этих мероприятий пусконаладка не выполняется и поэтому должна подчиняться их процедурам.

Пусконаладочные работы более сложны, чем просто наладка, так как имеют дело с никогда не работавшим оборудованием и выполняются в два этапа:

- индивидуальные испытания, проводящиеся самой наладочной организацией после приёмки технического оборудования от монтажников по акту; испытания заканчиваются сдачей оборудования заказчику в комплексное опробывание;

- комплексное опробование работы оборудования, выполняемое заказчиком с привлечением наладочной организации и обучением персонала. Заканчивается сдачей объекта в эксплуатацию государственной комиссии, включающей представителей разных организаций: госгортехнадзора, пожарных, санэпидстанции, экологических и пр. Это нужно, чтобы новое производство, независимо от вида собственности, не создавало бы угрозу аварии, опасности для окружающей среды и для потребителей выпускаемой продукции.

Двуэтапность пусконаладки объясняется тем, что наладочная организация сама не в состоянии проводить комплексное опробывание, так как у неё нет достаточного количества зернового сырья для пробных пусков, ведь оборудование зернопереработки весьма прожорливо и требует не один десяток тонн сырья. Кроме того заказчику предпочтительно самому проверить работу налаженного технологического оборудования со своим обслуживающим персоналом, убедиться самому, а не ограничиваться заверениями наладчиков, что всё нормально. У наладчиков может технологическое оборудование и работает нормально, а как оно будет работать со своим персоналом? Лучше попробовать самому, ведь работу технологического оборудования надо представлять государственной комиссии уже без наладчиков.

Такой порядок производства и приемки пусконаладочных

работ, индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования определяется СНиП 111-31-85.

Структура наладочных организаций. Работы по наладке оборудования элеваторов, мукомольно-крупяных и комбикормовых заводов выполняют пусконаладочные и наладочные организации. Структура пусконаладочных организаций и их обязанности определены «Типовым положением о пусконаладочной организации».

Наладочные организации могут организовываться при малых или эпизодических объёмах работ в рамках монтажной организации в виде пусконаладочного участка. Это гибкая и предпочтительная форма организации взаимодействия с монтажной организацией. Достоинства – сокращение регламента опробования после монтажа и не надо приглашать комиссию по процедуре сдачи смонтированного оборудования в наладку – все свои работники. Недостаток – маленькие пусконаладочные участки не в состоянии иметь специальную дорожную технику, приборы диагностики, испытательные стенды. При больших регулярных объёмах работ предпочтительна специализированная автономная наладочная организация, обслуживающая целый регион предприятий зернопереработки по заявкам. Она в состоянии иметь редких специалистов, специальную диагностическую и испытательную технику, работать в дежурном режиме, обеспечивая высокое качество работ и развитый сервис.

В любом случае структура в принципе аналогична структуре монтажной организации: такие же административные, вспомогательные службы (бухгалтерия, инспектор по кадрам, служба маркетинга, снабжения), однако инженерная служба и производственные подразделения имеют принципиальные отличия.

В службе главного инженера отсутствует громоздкий монтажно-заготовительный участок, вместо отдела с грузоподъемным оборудованием достаточно небольшого автохозяйства со специальными машинами для выезда. Но должен быть отдел приборов и средств диагностики с метрологическим обеспечением.

Принципиально отличается организация наладочных подразделений. Их, в строгом смысле, нельзя называть производственными, так как наладка не является производственным процессом – она не производит новой продукции, это сервисная организация. Им незачем организовывать площадку на стройке типа монтажной с грузоподъемным оборудованием, они приезжают налегке.

## Название дисциплины

Основной производственной единицей является наладочная бригада, состоящая из наладочных звеньев по 2-3 человека – специалистов высокой квалификации обычно с высшим образованием. Подготовка их идёт длительно, опыт накапливается годами: это редкие специалисты, хорошо оплачиваемые, широко образованные, с развитой интуицией, умеющие творчески мыслить. Они способны быстро разбираться в капризах сложного оборудования, определять неисправности, диагностировать, регулировать, настраивать. Чтобы стать хорошим наладчиком, мало образования, нужен опыт и способности. Говорят, что наладчиками не становятся, ими рождаются.

В звене один из наладчиков – старший, он ведёт журнал наладки, на основе которого составляется отчёт по наладке для приёмной комиссии.

Звенья входят в состав наладочных бригад, которые могут комплектоваться по двум принципам:

- комплексные бригады, состоящие из разных специалистов (механики, электрики, автоматчики, стендовики и др.); достоинство – универсальность, недостаток – невозможность одновременной загрузки всех: одни работают, другие вынуждены ждать своей очереди и играть в домино; пригодна для больших объектов, где всем найдётся одновременная работа;

- специализированные бригады, состоящие только из одинаковых специалистов, выезжающих по вызову; достоинство – лучше загруженность, мобильность; недостаток – большие переезды и командировочные расходы; такая организация годится для небольших и эпизодических работ.

Принципиальной особенностью организации работы наладчиков является наличие руководителя работ на каждом объекте из числа инженеров проектно-технического отдела. Его назначают приказом по наладочной организации. Основная обязанность руководителя – осуществлять методическое руководство наладчиками, консультировать по сложным вопросам, его полномочия – контролировать правильность выполнения работ, принимать работу от наладчиков. Административных полномочий руководитель работ не имеет, их осуществляет бригадир (расстановка рабочих, наряды, оплата, премии, дисциплина, отгулы, замены, техника безопасности, увольнение, приём и пр.). Тем самым управление наладчиками идёт по двум каналам: методически от руководителя работ (правильно – неправильно); административно – от бригадира. Объясняется это сложностью наладочных работ; бригадир просто не в состоянии разбираться в сложностях работ.

Задача инженерной службы – обеспечить наладчиков всем инструментарием, средствами диагностики. Для ускорения работ надо разрабатывать специальные стенды и новые средства диагностики. Для этого в отделе приборов должны быть свои умельцы-разработчики, небольшие мастерские.

Индивидуальное опробывание обудования. Период индивидуальных испытаний оборудования включает пусконаладочные работы, обеспечивающие индивидуальные испытания отдельных машин, механизмов и агрегатов, и сам процесс испытания отдельного оборудования.

Цель пусконаладочных работ, проводимых в период индивидуальных испытаний оборудования, – это обеспечение совместно с генподрядчиком, субподрядчиком сдачу их заказчику для комплексного опробывания.

К началу индивидуальных испытаний технологического оборудования должен быть закончен монтаж систем обеспечения его работы: смазки, водяного охлаждения, системы защиты, управления и контроля электрооборудования и контрольно-измерительных приборов.

Пусконаладочная организация передает заказчику в одном экземпляре исполнительные схемы, протоколы испытаний электроустановок, устройств заземления и зануления.

Отправная ситуация в начале наладки при индивидуальных испытаниях: оборудование после приёмки в наладку исправно, но не может быть запущено из-за отсутствия должных настроек и регулировок.

Однако практика показывает, что некоторая проверка необходима.

Основное правило наладки отдельных машин – необходимо в первую очередь руководствоваться документацией завода-изготовителя по подготовке машины к работе. Такой раздел обязан быть в основном сопроводительном документе – руководстве по эксплуатации. И только если в разделе отсутствуют необходимые сведения или они чересчур кратки, их можно дополнять, но противоречить им нельзя, так как это автоматически уничтожает право на гарантии завода-изготовителя.

В итоге получается следующая последовательность проведения наладки отдельных машин:

1. Тщательное изучение документации завода-изготовителя и проектно-сметной документации; обучение наладчиков, если это новый объект.
2. Проверка состояния объекта. Проверяют: а) тща-

тельность сборки и крепления узлов оборудования; б) плотность стыков; в) отсутствие подсосов воздуха, утечки воды и пара; г) работу клапанов, заслонок, шиберов и др.; д) размеры ячеек сит; е) уклоны бичей, направляющих лопастей и т. п.; ж) зазоры между ограждающими и неподвижными рабочими органами машин; з) частоты колебаний и вращения рабочих органов оборудования; и) работу приводов (натяжение ремней, плавность хода редукторов и др.); к) правильность взаимодействия узлов и механизмов; л) натяжение пружин упругих прокладок и элементов; м) правильность подключения всех вспомогательных систем (смазки, охлаждения, электропитания, автоматических устройств); н) работу смазочных устройств; о) центровку всех муфт соединяемых валов.

3. В случае необходимости – провести подгонку, притирку, шабровку, устранение царапин; но если объём подгоночных работ велик, то составлять рекламацию через заказчика, вызывать представителя завода-изготовителя; повреждения должны быть устранены при монтаже, и брак должны устранить монтажники.

4. Предварительная регулировка. Установить все регулировочные точки в начальное положение строго, как изложено в руководстве по эксплуатации в пункте «Подготовка к работе; если положение не указано, то в качестве начального принять среднее».

5. Индивидуальные испытания на холостом ходу. Перед пуском оборудования в работу на холостом ходу убирают посторонние предметы, снимают приводной ремень от электродвигателя и проверяют зацепление зубчатых колес и шестерен, правильность набегания ремней на шкивы и цепей на звездочки, для чего проворачивают машину вручную на полный оборот. Затем при снятых приводных ремнях включают электродвигатель и убеждаются в том, что вал электродвигателя вращается в нужном направлении. Если вращение электродвигателя неправильное, переключают фазы. Натяжение ремней регулируют винтами или натяжными роликами. Затем ставят ремень и включают машину на самых низких оборотах или амплитудах колебаний. Следят за шумами, вибрациями, нагревом подшипников, показаниями приборов внутренней диагностики. Если появляется шум, заедание, задевание, вибрации, нагрев, подтёки смазки, то немедленно останавливают работу и ликвидируют неисправность. Постепенно увеличивают обороты и выходят на номинальный режим.

6. Обкатка машины. При обкатке оборудования сле-

дят за работой электродвигателя, редуктора, подшипников, трущихся поверхностей. Температура нагревания при обкатке не должна превышать пределов, указанных в документации заводоизготовителей. Первые пуски непродолжительны – 5-10 мин. Продолжительность дальнейшей обкатки на холостом ходу при нормальной работе первого пуска колеблется от 1 до 8 ч в зависимости от сложности оборудования и в соответствии с указаниями завода-изготовителя в руководстве по эксплуатации. При их отсутствии продолжительность испытаний устанавливают по согласованию с заказчиком от 2 до 4 ч. Гонять вхолостую для заказчика убыточно, так как это уменьшает ресурс оборудования. После обкатки целесообразно полностью сменить масло.

После окончания индивидуальных испытаний всех видов оборудования вхолостую оборудование сдают по акту (приложение № 1 СНиП III-3-81) рабочей комиссии, назначаемой заказчиком для комплексного опробования оборудования. Одновременно рабочей комиссии передают следующие документы: а) акты испытаний оборудования на герметичность и прочность (приложение № 26 СНиП 111-31-85); б) акты испытаний всех видов оборудования вхолостую; в) акты осмотра пневматических и аспирационных сетей; г) акты на скрытые работы; д) комплект рабочих чертежей на монтаж оборудования, предъявляемого к приемке, с подписями лиц, ответственных за выполнение монтажных работ.

С момента подписания этого акта оборудование считается принятым заказчиком, и заказчик несет ответственность за его сохранность.

### **1.5.5. Комплексное опробование оборудования**

В период комплексного опробования оборудования, которое выполняет заказчик с привлечением наладочных организаций, проводят пусконаладочные работы, обеспечивающие предусмотренные проектом взаимодействия отдельных машин, агрегатов и систем обеспечения.

Комплексное опробование проводится, когда оборудование уже принял заказчик после индивидуальных испытаний.

В задачу пусконаладочных работ, проводимых в период комплексного опробования оборудования, входит наладка оборудования и их систем (технологических, электротехнических и автоматизации) для обеспечения начала выпуска предусмотренной проектом продукции в объеме, соответствующем нормам освоения проектных мощностей в начальный период, а также обеспе-

чение совместно с заказчиком, генподрядчиком и субподрядчиком сдачи объектов в эксплуатацию государственной приемной комиссии.

В соответствии с «Правилами о договорах подряда на выполнение пусконаладочных работ», пусконаладочные работы проводят на основе договора, заключаемого, с одной стороны заказчиком – директором строящегося или реконструируемого предприятия, а с другой – подрядчиком – пусконаладочной или наладочной организацией.

Исходная ситуация: все машины комплекса по отдельности исправны и отрегулированы на холостом ходу. Сопроводительной документации на комплекс нет и правила наладки всего комплекса под нагрузкой, как правило, отсутствуют. Здесь наладчикам надо соображать самим, реализуя замысел проекта.

При комплексном опробовании оборудования проводят: а) опробование и наладку технологических систем (тепло-, водо- и др.), электротехнических и си-стем автоматизации; б) проверку и наладку в рабочих условиях вспомогатель-ного оборудования, арматуры, контрольно-измерительных приборов диспетчер-ского управления; в) собственно комплексное опробование оборудования вхо-лостую и под нагрузкой.

Объем наладочных работ определяют количеством единиц нала-живаемого оборудования и технологических линий (табл.1.5.3).

#### Таблица 1.5.3

Нормы продолжительности и уровни освоения проектных мощностей вводимых

в действие предприятий мукомольной, крупяной и комби-кормовой промышленности

## Название дисциплины

Предприятие	Норма продолжительности освоения проектной мощности, месяцы	Начальный уровень освоения, %	Уровень освоения проектной мощности, % на конец квартала						
			I	II	III	IV	V	VI	
Мукомольный завод:									
сортового помола									
производительностью, т/сутки:									
<200	12	20	50	70	85	100	-	-	
200... 400	15	15	35	55	70	85	100	-	
>400	18	20	30	45	65	75	90	100	
обойного помола	6	30	65	100	-	-	-	-	
Крупяной завод									
производительностью, т/сутки:									
50...120	9	20	60	80	100	-	-	-	
>120	12	15	50	70	85	100	-	-	
Комбикормовый завод									
производительностью, т/сутки:									
<300	6	25	65	100	-	-	-	-	
300...600	9	20	60	80	100	-	-	-	
>600	12	15	50	70	85	100	-	-	

Продолжительность комплексного опробования оборудования определяют согласно пункту 3 «Правил приемки в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и соору-



## Название дисциплины

жений системы хлебопродуктов и комбикормо-вой промышленности». Для мукомольных, крупяных, комбикормовых заводов, семяочистительных цехов, заводов по обработке семян кукурузы и объектов элеваторной промышленности продолжительность опробования при непрерывной, без простоев работе принимают минимум 8 ч. Продолжительность комплексного опробования устанавливают: а) вхолостую 24 ч; б) на рабочих режимах 48 ч. На зерноперерабатывающих и комбикормовых заводах должен быть начат выпуск первой партии продукции, предусмотренной проектом, и освоен начальный уровень мощности объекта в соответствии с «Нормами продолжительности освоения проектных мощностей, вводимых в действие промышленных предприятий и объектов».

Для выполнения этих требований заказчик обязан до ввода в действие строящегося предприятия укомплектовать его эксплуатационными кадрами, обеспечивающими нормальную работу. При этом не позднее чем за три месяца до ввода предприятия в эксплуатацию должно быть обеспечено не менее 50% обученных рабочих и ИТР от общей численности, а ко дню ввода в эксплуатацию – 80% производственного персонала.

Желательно предварительно провести стажировку рабочих на предприятиях, имеющих оборудование, аналогичное установленному на пусконаладочном комплексе. Окончательное обучение рабочих этих специальностей, инженерно-технических работников проводят на рабочих местах совместно со специалистами, проводящими пусконаладочные работы.

Одновременно с началом пусконаладочных работ на холостом ходу заказчик должен выделить необходимое количество обслуживающего персонала из числа слесарей, электриков, которые знают оборудование. За 4-5 дней до проведения испытания на сырье специалисты пусконаладочного управления расставляют рабочих по операциям и индивидуально обучают каждого рабочего приемам и методам правильной и безопасной эксплуатации машин и агрегатов. Заказчик или специалисты-наладчики проводят занятия по правилам безопасности и технологическим процессам по утвержденным программам со сдачей технического минимума.

Работы по комплексному опробованию оборудования и выполняемые в этот период пусконаладочные работы осуществляет заказчик по отдельной смете на ввод объекта в эксплуатацию.

В период комплексного опробования оборудования техни-

## Название дисциплины

ческий и рабочий персонал генподрядных и субподрядных (монтажных) организаций дежурит од–новременно с персоналом заказчика и наладочных организаций для наблюдения за работой и правильной эксплуатацией оборудования и коммуникаций и при–нятия мер к немедленному устранению дефектов строительных и монтажных ра–бот, выявленных в процессе комплексного опробования.

Выявленные при комплексном опробовании дополнительные работы, не пре–дусмотренные проектной документацией, выполняют строительные и монтажные организации по соответствующим образом оформленной документации за–казчика.

Рассмотрим взаимоотношения субъектов при наладочных работах. Договора на пусконаладочные и наладочные работы подписываются заказчиком и пусконаладочной организацией.

Заказчик (директор строящегося предприятия) обязан:

- передать подрядчику (пусконаладочной организации) утвержденную проектно–сметную документацию, технические условия на поставку оборудования, паспорта и инструкции по эксплуатации, акты заводских испытаний, исполнительные монтажные чертежи и другую техническую документацию;

- передать помещение для конторы и охраняемое помещение для имущества подрядчика, а также жилые помещения для размещения персонала подрядчика;

- обеспечить за свой счет водой, газом, технологическим паром, теплом, элект–роэнергией, воздухом, сырьем и материалами;

- проводить необходимые анализы в процессе выполнения работ;

- обеспечить дежурство и работу эксплуатационного персонала на своих рабочих местах; безопасное проведение пусконаладочных и наладочных работ и координацию действий организаций, участвующих в комплексном опробовании оборудования;

- обеспечить вызовы представителей соответствующих организаций для согла–сования вопросов, связанных с наладкой оборудования.

Подрядчик (пусконаладочная или наладочная организация) обязан:

- составить проект договора и особых условий к нему и представить заказчику для подписания;

- обеспечить производство работ необходимыми для испытания приборами, не предусмотренными проектом;

- выполнить обусловленные договором пусконаладочные и

## Название дисциплины

наладочные работы в установленные сроки и сдать их заказчику;

- обучить эксплуатационный персонал заказчика работе на оборудовании;
- представить заказчику документацию по испытаниям и технический отчет о проведенных наладочных работах (делается по материалам журнала наладки).

В процессе работы с наладочной организацией взаимодействуют четыре субъекта: заказчик, монтажная организация, проектная организация, завод изготовитель.

Система ответственности их заложена в нормативно-технической документации.

Монтажная организация несёт ответственность:

- за соответствие проекту монтажа установок оборудования;
- за добросовестность представленных актов на скрытые работы;
- за проведение ревизии и индивидуального опробования оборудования;
- за правильное оформление отступлений от проекта;
- за устранение выявленных недостатков монтажа;
- за организацию замены технологического оборудования заказчиком.

Заказчик несёт ответственность:

- за своевременное финансирование работ;
- за обеспечение и комплектацию исполнителей проектной документацией;
- за сохранность сопроводительной документации на технологическое оборудование;
- за согласование отклонений от проекта;
- за временный подвод энергии;
- за организацию контроля подачи тока;
- за обеспечение комплексного снабжения материалами;
- за охрану территории;
- за санитарное состояние и уборку территории;
- за сохранность смонтированного оборудования.

Завод-изготовитель отвечает:

- за качество изготовления технологического оборудования;
- за его комплектацию;
- за собираемость оборудования;
- за шеф-монтаж (с привлечением специалистов завода);
- за соблюдение гарантий на оборудование;
- за качество работы технологического оборудования;

## Название дисциплины

- за обучение персонала;
- за повторные испытания.

Проектная организация отвечает:

- за полноту документации;
- за разрешение отступлений от проекта;
- за представление различных расчётов в случае необходимости;
- за качество проектирования (монтажепригодность, регулируемость, управляемость, ремонтнопригодность).

Для сложных производств отрасли комплексного опробывания оборудования в 48 часов явно недостаточно, чтобы эксплуатационный персонал приобрёл достаточный опыт и мог работать самостоятельно без наладчиков. Поэтому правилами предусмотрен трёхмесячный срок так называемой пробной эксплуатации, когда оборудование обслуживается работниками предприятия, а наладчики присутствуют и действуют в режиме советчика, а также обучают персонал. Эти работы наладочных организаций к наладке не относятся, договор на них заключается отдельно и оплачивается заказчиком. Он может для этих целей использовать специалистов завода-изготовителя, но это затруднительно – ведь видов оборудования много. Поэтому удобнее иметь дело с одной организацией, проводившей пусконаладочные работы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1.5

### ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ И ЗЕРНА В ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА

Великие цивилизации Древнего мира, как известно, формировались в долинах полноводных рек. Так было в Египте, Месопотамии, Древней Индии, Китае. Быстрое развитие этих регионов мира, несмотря на наличие значительных водных ресурсов, рано или поздно приводило к дефициту питьевой воды. Поэтому уже в IV тыс. до н.э. в вышеупомянутых регионах начали строить трубопроводы для обслуживания наиболее густонаселенных территорий.

Первоначально использовались деревянные и глиняные гончарные трубы. Однако по мере развития металлургии возростала роль металлических труб, обладающих, по сравнению с деревянными и гончарными изделиями, целым рядом технико-эксплуатационных преимуществ: меньшими габаритами и массой, долговременностью эксплуатации и т.д.

Наиболее ранние из известных в настоящее время трубопроводов, в которых применялись металлические трубы, обнару-

жены в Египте. При раскопках дворцовой части пирамиды фараона Сухаре в Абусире были найдены фрагменты медных труб, применявшихся для отвода и сбора дождевой воды. Трубы имели диаметр 4,7 см при толщине стенок 1,4 мм. Они были изготовлены из листового металла и соединялись друг с другом внахлестку. Приблизительное время создания трубопровода 2500г. до н.э.

В древних источниках (к сожалению, без подробного описания) имеются упоминания о трубах: для музыкальных инструментов (около 1000 лет до н.э.); для подводных трубопроводов (около 700 лет до н.э.); для снабжения водой островных финикийских колоний (в эпоху Пунических войн). Упомянутые трубы изготавливались из меди, олова, бронзы, но настоящая трубная индустрия возникла после освоения технологии производства свинцовых труб.

Свинец обладает массой достоинств: это самый пластичный из металлов, он прокатывается до тончайшего листа, легко подвергается механической обработке, обладает прекрасными литейными свойствами. Из недостатков можно отметить лишь невозможность изготовления из него проволоки.

Мягкость свинца не позволяла ему конкурировать с медью, бронзой или железом в качестве материала для производства орудий труда. Но он оказался прекрасным материалом для изготовления труб и деталей водопроводов. Построенные в Вавилоне и признанные одним из семи чудес света висячие сады Семирамиды орошались водой через сложную систему колодцев и труб, сделанных из свинца.

Наибольшее развитие в эпоху Древнего мира трубное производство получило в Римской империи. В Риме, по свидетельству современников, существовала настоящая индустрия трубного производства с соответствующими товарными знаками, клеймами мастеров и штампами заказчиков. Одним из замечательных инженерных достижений древних римлян была система водопроводов, по которой вода ежедневно поступала в главные города Римской империи.

Известны оценочные расчеты, согласно которым потребление воды в главных городах империи составляло около 600л в сутки на каждого жителя. В каждом уважающем себя римском городе и военном поселении существовали общественные бани и туалеты, являвшиеся своеобразными центрами общественной жизни.

Куда бы ни приходили римляне, повсюду они устраивали свои бани. Сенека в одном из своих сочинений рассказывает о

## Название дисциплины

печальной судьбе человека, которому случилось жить возле общественных бань. «Одного гула голосов достаточно, чтобы сделать человека большим». Ему приходилось мириться со стонами штангистов, хлопками массажистов, плеском купающихся, выкриками продавцов сосисок и сладостей, воплями игроков в мяч, стонами пациентов, которым удаляли излишки волос.

Секрет римских бань заключался в подземной системе отопления. Горячий воздух из печи направлялся по подземным каналам в подвал, над которым находилось обогреваемое помещение. Если хотели получить очень большой нагрев, то горячий воздух направляли еще и в стены, оборудованные системой выложенных черепицей дымовых труб.

Потребление воды в римских городах было сопоставимо с уровнем, который обеспечивают современные городские системы водоснабжения. Источники и колодцы были не в состоянии удовлетворять все возрастающие потребности в чистой воде, что и обуславливало необходимость строительства многокилометровых водопроводов.

Римские водопроводы принадлежат к числу самых величественных сооружений древности. Долгое время население Рима их не имело и пользовалось водой из источников – их было достаточно – и речушек, а также собирало дождевую воду в цистерны. На Палатине найдена была одна такая цистерна, относящаяся к концу VI в. до н.э. Первый водопровод провел в 312 г. до н.э. Аппий Клавдий; водопровод имел протяженность 161 км и оканчивался у Тибра по соседству с гаванью, где выгружали мрамор. Его так и называли Аппиевым. В 272 г. до н.э. Маний Курий Дентат начал строить второй водопровод, который был закончен через два года М. Фульвием Флакком. Длина его была 70 км. Третий водопровод построил в 144 г. до н.э. претор Кв. Марций Рекс. Он начинался за 61-м километром от Рима и последние 10 км шел по массивным аркадам, значительная часть которых сохранилась и до сих пор, заканчивался он у Капенских ворот. Это был Марциев водопровод; действует этот водопровод и поныне. Четвертый водопровод, Тепловатый, был сооружен Гн. Сервилием Цепионом и Л. Кассием Лонгином. Он начинался километрах в 15 от Рима, а название свое получил потому, что вода из него шла действительно теплая. Его постройкой завершено было число водопроводов республиканского Рима.

Строительство водопроводов возобновилось только при новом режиме: Агриппа в 33 г. до н.э. провел Юлиев водопровод и водопровод Девы, – назван так потому, что, по пре-

## Название дисциплины

данию, источник воды указала строителям какая-то девушка), снабжавший водой его термы и пруд при них (этот водопровод и в настоящее время дает Риму лучшую воду). Водопроводы строили: император Август (водопровод питал огромный пруд – 536·357 м, который был выкопан для потешных морских сражений, которые Август устраивал в связи с освящением храма Марсу-Мстителю во 2 г. до н.э. Вода из этого водопровода была, по словам Фронтин, плохой), император Клавдий (длина 87 км), император Траян (действуют и по сейчас) и император Александр Север. Одиннадцать водопроводов давали городу в день 1,5 млн м<sup>3</sup> воды.

Воду эту надлежало распределить по всему городу, не обходя и не обидев ни одного квартала, а кроме того, необходимо было следить за водопроводной сетью, вовремя производить нужный ремонт, прокладывая трубы к домам, владельцы которых получили разрешение провести к себе воду, ремонтировать мостовые. Требовалось создание особого «водного ведомства», с работой которого мы знакомы благодаря сочинению Фронтин «Водопроводы города Рима». Фронтин – одна из привлекательнейших фигур ранней империи. «Большой человек», по словам Тацита, отнюдь не щедрого на похвалы, умный полководец, счастливо воевавший в Британии, преодолевая «мужество врагов и природные трудности», дважды консул, один из «наиболее видных людей нашего времени». Он получил в 97 г. от императора Нервы назначение «водного смотрителя».

Фронтин был к этому времени уже пожилым человеком, дело водоснабжения было для него совершенно внове, и то обстоятельство, что он погрузился в основательное изучение этого дела, сообщает его облику еще больше благородства. Он не только как следует ознакомился со всем, что касалось его новой службы, он пожелал облегчить знакомство с ней и для своих преемников; с этой целью он и написал книгу о водопроводах, сообщив в ней также историю «водного ведомства», начиная с Агриппы, когда водопровод, собственно, и был образован.

Агриппа был первым куратором водопроводов; он обучил своих рабов водопроводному делу и смежным отраслям и создал из них специальную «водяную команду», которую завещал Августу; тот передал ее в ведение государства и одновременно приступил к организации «водного ведомства», во главе которого была поставлена комиссия из трех человек. Особым вердиктом Август подтвердил, «на каком основании могут пользоваться водой [для своих домов] частные лица... и установил их количе-

СТВО».

В конце I в. «водяная команда» состояла из людей разных специальностей; часть ее помещалась за городом, чтобы в случае необходимости быстро произвести нужный ремонт; посты другой были расставлены у водонапорных башен и больших фонтанов. В их ведении находились водопроводы – сеть всех труб, проложенных по городу, водонапорные башни и фонтаны. За умышленную порчу этих труб и башен, за прекращение или уменьшение подачи воды во всем городе или в тех владениях, хозяева которых пользовались правом отвести себе воду, на виновного налагался штраф в 100 тыс. сестерций; если порча была причинена нечаянно, без злого умысла, виновный должен был немедленно заняться ее исправлением.

«Водяная команда» включала со времен Клавдия 700 человек: из них 240 государственных рабов и 460 императорских рабов и отпущенников; эти последние были добавлены Клавдием после проведения им двух новых водопроводов.

Во главе этой команды надо было поставить инженеров-гидравликов, которых Фронтин называет «специалистами» и «строителями своего ведомства». В их обязанности входило все, что касается постройки водопроводов (каптация источников, установление профиля, проведение каналов под землей или на аркадах, идущих непрерывным рядом часто на протяжении не одного десятка километров, устройство водонапорных башен, прокладка труб, поддержание всей водопроводной системы в хорошем состоянии). В составе «семей», находившихся в их распоряжении, были «завхозы» – вилики, сторожа при водонапорных башнях – кастеляны, инспекторы («обходчики»), мостовщики, нивелировщики, разные мастеровые: каменщики, работники, умеющие обращаться со свинцом, и простые чернорабочие. «Завхозы», вопреки своему названию, ведали отнюдь не хозяйством: на их обязанности лежало сооружение каналов и присмотр за ними – это были техники, ближайшие помощники инженеров. Присутствие мостовщиков в «водяной команде» объясняется тем, что по городу под мостовой шла целая сеть свинцовых труб. Право на отведение воды к себе в дом было правом, которое выдавалось лично, прерывалось смертью получившего и не переходило ни по наследству, ни при продаже дома новому владельцу. Поэтому в Риме постоянно прокладывались и снимались трубы: мостовую приходилось разрывать и вновь замазывать. Штукатуры покрывали водонепроницаемым слоем цемента внутреннюю поверх-



ность каналов и производили потребные в каждом отдельном случае штукатурные работы. Нивелировщикам приходилось браться за дело при каждом разрешении отвести воду, которое получал владелец дома или имения, не говоря уже о работе, которую они должны были проделать при прокладке нового водопровода.

Фронтин упоминает еще «сверлильщиков». Это отнюдь не особые специалисты, а «водяные воры», которые, сговорившись с кем-либо из частных лиц, не имевших права на получение воды, пробивали водопроводные трубы, облегчая таким образом кражу воды для заинтересованных лиц (так что, кто сейчас подключаются к различным трубопроводам, имеют в активе своих далеких предшественников).

В архиве «водного ведомства» сохранялись ведомости, в которых было указано, сколько воды дают все водопроводы вместе, сколько дает каждый водопровод; перечислены водопроводы, водонапорные башни, фонтаны; отмечено количество воды, ежедневно потребляемой; названы лица, имеющие право пользоваться водой для своего дома. В случае смерти кого-либо из них количество воды, ему отпускаемое, возвращалось государству, и можно было приступить к рассмотрению новых просьб к императору о разрешении провести себе воду и к обсуждению того, в какой мере могут они быть удовлетворены.

Комиссия, ведавшая «водным ведомством», учрежденная императором Августом «с согласия сената», была уничтожена в 52 г. императором Клавдием. Он заменил ее «прокуратором вод», единоначальной должностью, на которую назначался обычно кто-нибудь из императорских отпущенников. Здесь очевидна та же тенденция, которую мы видим у всех императоров: отмена коллегальности и замещение должностей доверенными лицами. Только со времени императора Траяна, и опять-таки в связи с общим поворотом в политике назначения чиновников, «прокуратор вод» оказывается иногда лицом всаднического сословия; позднее это становится правилом.

Основное количество воды распределялось между тремя категориями: императорским двором (парки, дворцы, придворные службы), общественными учреждениями (бани, термы, сады, амфитеатры, склады, рынки) и большими фонтанами). На основании подсчетов Фронтинна можно считать, что в Риме на душу населения проходило в среднем ежедневно от 600 до 900 л воды, в наше время в Европе эта цифра близка к 200 л).

Фонтанов в Риме было множество; Проперций писал, что

Название дисциплины

«по всему городу раздается тихий плеск воды». На перекрестках, кроме часовенки, обязательно устроен фонтан. Некоторые из этих фонтанов имели характер монументальных сооружений: такова, например «покрытая потом мета», устроенная императором Домицианом в 96 г. к юго-западу от Колизея. Это был конус (отсюда и название «мета») высотой 2м, с диаметром 5 м в основании, облицованный весь мрамором. Из его вершины бил фонтан, и вода падала в огромный круглый бассейн (21 м в диаметре). Другие были украшены великолепными скульптурами: фонтан на форуме Веспасиана, например, был украшен бронзовым быком работы Фидия или Лисиппа; перед храмом Венеры Родительницы на форуме Цезаря вокруг фонтана стояли статуи Нимфы, покровительницы вод.

Водопровод часто проходил по пересеченной местности. Для его прокладки через ущелья римляне применяли два различных способа: либо строили через ущелье мост с небольшим уклоном в сторону стока, либо использовали принцип сифона, согласно которому вода в трубе должна всегда возвращаться к своему первоначальному уровню. Для этого сооружали систему труб, которая круто спускалась по одному склону ущелья и поднималась по другому. В тех случаях, когда глубина ущелья была относительно небольшой, строили мосты. Там же, где ущелье было слишком глубоким, сооружали сифон (рис.П1.5.1, П1.5.2).

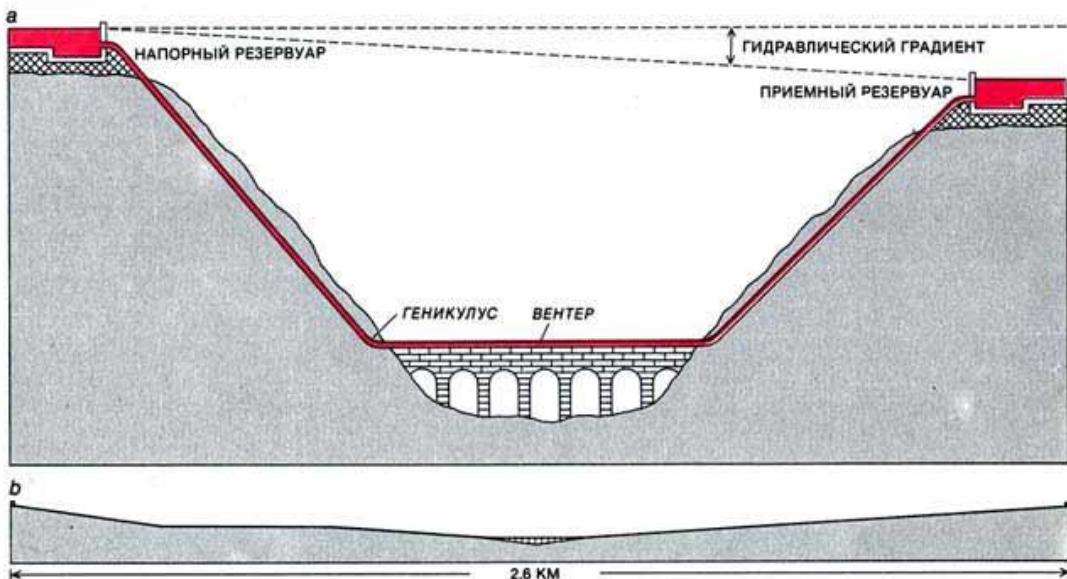


Рис.П1.5.1 Акведук для прокладки водопровода через реку (сохранился до наших дней)

Известно более 20 сифонных сооружений, относящихся ко временам Римской империи. Конструкцию сифона, применявшего-

Название дисциплины

ся в Древнем Риме, правильнее называть обратным сифоном, или дюкером, так как вода в нем движется по U-образной траектории, в отличие от обычного сифона, имеющего П-образную форму. Поскольку вода движется по U-образной траектории, сифон начинает работать, как только она вводится в одно из его плеч. В простом U-образном сифоне вода, введенная на одном конце, поднимется до того же уровня на другом. Римские сифоны имели значительную длину, поэтому потери на трение становились заметными, и приемный конец приходилось устраивать на уровне несколько ниже подающего конца.



1)



2)

Рис.П1.5.2. Древнеримский водопроводный акведук  
1 – схема сифона; 2 – акведук, общий вид

Обычно сифон начинался в точке, где водопровод, проложенный в виде открытого канала из каменной кладки, достигал края ущелья, которое нужно было пересечь. В этом месте вода стекала в напорный резервуар, выложенный из кирпича и установленный поперек канала (кастеллум). По существу, этот резервуар был распределительным, так как сифон состоял не из одной (как в современной гидротехнике), а из нескольких (до девяти) тонких труб, уложенных параллельно друг другу. Их входные концы располагались в ряд в нижней части резервуара.

Подсоединенные к напорному резервуару трубы опускались по короткому откосу до земли и проходили по склону ущелья с заглублением примерно на 1 м. Подземная прокладка труб, использованная, по-видимому, для их защиты от повреждения человеком, предотвращала также чрезмерное расширение труб в жаркие дни.

Сифоны как инженерные сооружения внушают уважение уже своими размерами. Общая длина девяти сифонов в Лионской водопроводной системе достигает 16,6 км. Если каждый сифон состоял из девяти труб, то их общая длина должна была достигать около 150 км (рис.П1.5.3, П1.5.4). Для изготовления такого

Название дисциплины

количества труб требовалось 12-15 тыс. т свинца, и очевидно, что добыча и транспортировка такого огромного количества свинца требовали гигантских усилий.

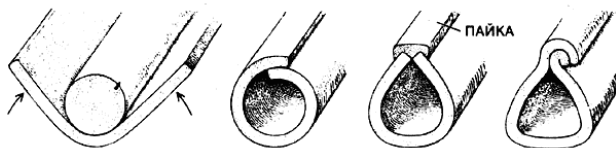
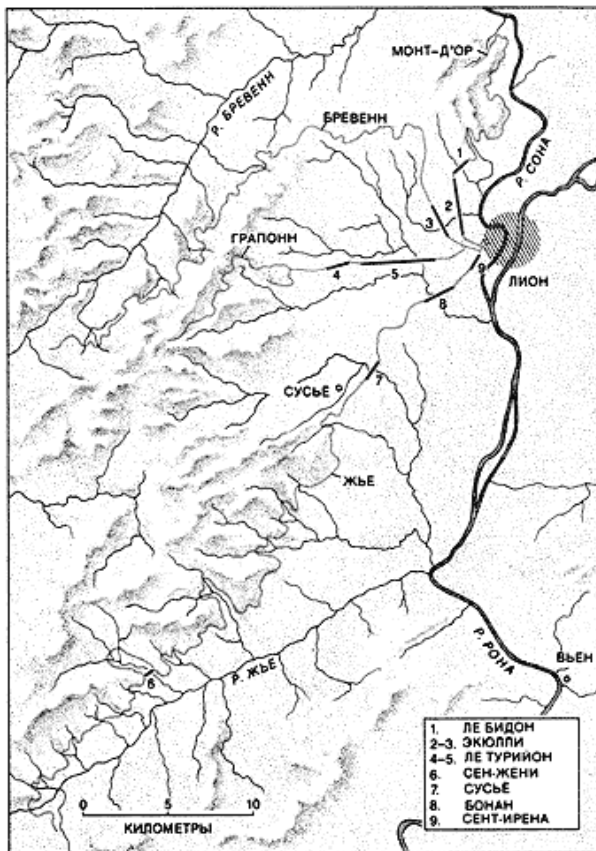


Рис.П1.5.3. Технология изготовления древнеримских свинцовых труб



1)

Название дисциплины

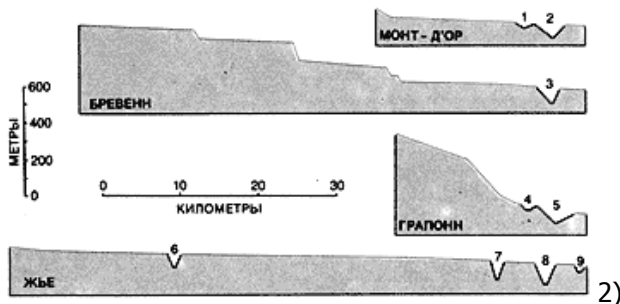


Рис.П1.5.4. Древнеримская Лионская система имела четыре водопровода: Монт-д'Ор, Бревенн, Грапонн и Жье. Всего в ней было 9 сифонов, что определялось числом глубоких ущелий, через которые проходили водопроводы. На втором рисунке показаны профили водопроводов Лионской системы. Названия сифонов пронумерованы (см. в нижнем правом углу карты) и те же цифры нанесены на карту, чтобы показать их положение на местности. Система подавала 80 000 м<sup>3</sup> воды в сутки.

Римское трубное производство подробно описал Марк Витрувий Поллио в восьмой книге своего сочинения «Архитектура» (вторая половина I в. до н.э.). В ней главное внимание уделено водопроводам и материалам, из которых делают трубы для них. Витрувий обращает внимание на целесообразность изготовления свинцовых труб длиной не менее 3 м при толщине около 8 мм. Такие трубы могли выдерживать давление воды до 1,5 атм. При необходимости древние римляне пользовались значительно более толстыми трубами. Например, в водопроводе Алатри, где трубы должны были выдерживать давление до 10 атм, толщина их стенок достигала 35 мм.

Труба получалась овального или грушевидного поперечного сечения с непрерывным продольным швом (интересно, что шов не был самым слабым местом трубы; в испытаниях, проведенных в наше время Бельграном, разрушение происходило не по шву, а по боковой стенке.) Диаметр труб составлял от 20 до 300 мм. Обычно же они имели наружный диаметр 250-270 мм и толщину стенки от 30 до 50 мм. Судя по сохранившимся остаткам, трубы изготавливались длиной около 3 м. Трубы затем замуровывали в каменную кладку, чтобы сохранить их герметичность (рис.П1.5.5).



Рис.П1.5.5. Древнеримские свинцовые трубы, уложенные на акведук

По широко распространенной в середине прошлого века гипотезе американских токсикологов, свинцовый водопровод являлся одной из причин быстрой деградации римской нации, вызывая отравление свинцом. Установленным фактом является то обстоятельство, что обнаруживаемые при раскопках останки римлян эпохи империи содержат большие количества свинца. Из-за систематического отравления малыми дозами свинца продолжительность жизни римских патрициев не превышала 25 лет.

Хорошо известно, что все растворимые в воде соединения свинца высокотоксичны. На устойчивость свинца к воде оказывает большое влияние растворенный в ней диоксид углерода (углекислый газ). При малых количествах он образует на поверхности свинца соединение, нерастворимое в воде, и тем способствует устойчивости свинца. Если же содержание углекислого газа в воде сравнительно велико, а именно так было с водой, питавшей Древний Рим, то диоксид углерода, реагируя со свинцом, образует гидрокарбонат свинца, который хорошо растворяется в воде. Поступая в организм в малых порциях, свинец задерживается в нем и, постепенно замещая кальций, входящий в состав костей,

вызывает хроническое отравление.

Однако более поздние исследования подвергли сомнению гипотезу о том, что именно свинцовый водопровод стал причиной катастрофических последствий для Римской империи. На внутренней стороне каждой свинцовой трубы ученые обнаружили непроницаемый слой безопасных для человеческого организма соединений кальция, возникший благодаря постоянному контакту труб с богатой кальцием горной водой. Как уже было сказано выше, вода текла по водопроводу непрерывно и поэтому была в контакте со свинцовыми трубами лишь недолгое время. Толстая же корка карбоната кальция, которая постепенно образовывалась в трубах, служила изоляцией, так что через некоторое время после установки сифонных труб прямой контакт воды со свинцом прекращался полностью.

Скорее всего, причиной свинцового отравления был не столько водопровод, сколько использование оправленной в свинец посуды и свинцовых косметических красок. Кроме того, свинцовые сосуды широко использовались для хранения вина, поскольку свинец придает вину сладкий вкус и способствует его консервации.

В наше время положение изменилось коренным образом благодаря чугуну. Этого материала не было в древности, так как тогда люди еще не научились развигать в печах достаточно высокую температуру для плавки железа. Все железо в древности было кричным железом, из которого нельзя было делать трубы. Сейчас сооружение сифона из чугунных труб обходится значительно дешевле, чем строительство моста. Интересно, что французы в Северной Африке часто подавали воду в приморские города по трассам древнеримских водопроводов, иногда реконструируя их: и во многих случаях там, где существовали древнеримские мосты, французы перекрывали пролет сифоном.

Наука постоянно развивается, и, может быть, через 2000 лет в скелетах наших современников окажется большое количество железа, которое мы считаем не вредным, а впоследствии...

Одна из глобальных проблем человечества – продовольственная. Большую роль в ее решении играет зерновое хозяйство. Оно является системообразующим для многих секторов сельского хозяйства.

Зерно всегда выделяется из других видов сырьевых ресурсов, так как оно используется для выработки наиболее массовых продуктов повседневного питания населения, таких как хлебобулочные и макаронные изделия, крупы и ряд других.



## Название дисциплины

Продукты, получаемые из зерна, содержат почти все, что необходимо человеку для питания. Они богаты углеводами (82-83%), белками (14-15%), есть в них жиры (2-2,13%), соли фосфора, калия, магния, кальция и другие необходимые для жизни человека элементы. Выпекаемый из муки хлеб является источником важнейших витаминов: В1, В2, РР, Е. Около трети дневной нормы потребления продуктов человек удовлетворяет за счет хлебных изделий и круп. При этом от 30-50% энергетической потребности, до 30-40% потребности в белке: до 50-60% витаминов группы В и до 80% витамина Е человек получает через хлеб и макаронные изделия.

Высокая энергетическая, белковая, витаминная и минеральная ценность зерна и продуктов его переработки позволяет человеку, употребляя хлеб, макаронные и крупяные продукты, удовлетворять значительную часть своих физиологических потребностей при минимальных затратах на продукты питания. Особенно это касается белков. Растительные белки значительно дешевле животных. Белок в пшеничном хлебе дешевле животного белка, а усвоение его и полезность в несколько раз выше.

По количеству зерна, имеющегося у государства на душу населения, определяют уровень развития сельского хозяйства и качества жизни населения (табл.П1.5.1).

Таблица П1.5.1

Уровень развития страны в зависимости от количества зерна, приходящегося на душу населения

Сценарий	Общий объем производства на душу		Объем потребления зерна, кг							
			На питание населения		На нужды животноводства		На промышленное сырье		На экспорт	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Излишне оптимистичный	1500	100	90	6	800	53	110	7	500	33
Умеренно оптимистичный	1000	67	140	14	600	60	80	8	180	18
Реалистичный	700	47	240	34	330	47	60	9	70	10
Умеренно пессимистичный	450	30	300	67	70	16	30	7	50	11,1

Чрезмерно пессимистичный	250	17	25 0	10 0	0	0	0	0	0	0
--------------------------	-----	----	---------	---------	---	---	---	---	---	---

Состояние зернового производства и положение на рынке зерна в мировой практике принимаются в качестве основных показателей продовольственной безопасности мира в целом и каждой отдельной страны. Комитет по международной безопасности ФАО, разрабатывающий стратегические и тактические подходы к решению продовольственной проблемы в глобальном масштабе для характеристики уровня продовольственной безопасности в мире, использует показатель, представляющий собой отношение мировых запасов зерна к его общемировому потреблению.

Производство и переработка зерна образуют в народнохозяйственной системе страны ряд крупных секторов: зерновое производство, элеваторная промышленность, мукомольное, крупяное и комбикормовое производства. Зерновые культуры занимают около 70% общих посевных площадей и дают более 50% стоимости валового сельскохозяйственного продукта. Элеваторная промышленность обладает потенциалом, позволяющим принять, обработать и сохранить весь объем товарного зерна вместе с переходящими запасами, государственными резервами и семенным фондом. Мукомольная, крупяная и комбикормовая отрасли промышленности представлены несколькими сотнями предприятий, перерабатывающими около 80% товарного зерна.

Все указанные выше секторы народнохозяйственной системы образуют зерновой комплекс страны, имеющий несколько миллионов стабильных рабочих мест. В валовом национальном продукте доля зерна и продуктов его переработки составляет 10-15%.

Кроме того, около 7-8% товарного зерна перерабатывается в пивоваренной, спиртовой, пищевоконцентратной и крахмалопаточной промышленности.

Зерновой комплекс страны обслуживается рядом ведущих отраслей народного хозяйства. Это автомобильный, железнодорожный и водный транспорт, перевозки зерновых грузов, которые занимают одно из первых мест в грузовых перевозках; производство энергоносителей в значительной степени ориентировано на потребности зернового производства; сельскохозяйственное машиностроение не менее чем на 60% занято производством машин для выращивания и уборки зерна; и, наконец, имеется мощная отрасль по выработке удобрений и химикатов для зернового про-

изводства.

Роль и значение зерна как товара в экономике государства трудно переоценить. Это товар, который имеет постоянный, устойчивый спрос в любое время года, в любом регионе, то есть является абсолютно ликвидным.

Этот товар может быть закуплен впрок, так как способен храниться несколько лет. Виднейший специалист по технологии хранения зерна профессор Е.Д. Казаков свидетельствует о сохранении технологических свойств зерна пшеницы по прошествии 9-11 лет. Зерно не требует для транспортировки дорогостоящих энергопотребляющих устройств, оно может быть перевезено в обычных товарных вагонах или трюмах судов на многие тысячи километров без ухудшения качества.

Зерно справедливо называют валютой. За счет его экспорта государство добивается устойчивости национальной валюты и, наоборот, значительный импорт зерна вызывает экономическую дестабилизацию, кризис национальной денежно-финансовой системы. В нашей истории был как тот, так и другой периоды. Например, в конце XIX – начале XX века по экспорту зерна Россия занимала первое место в мире. В результате от экспорта зерна Россия за период с 1900 г. по 1914 г. получила более 7 млрд. золотых рублей (золотые рубли были введены в России с 1895 г.). Российский рубль благодаря этому был конвертируемым, а по надежности стоял на третьем месте в мире, опережая американский доллар.

В течение последних 25 лет Россия потратила на импорт зерна десятки миллиардов долларов. Зерно (хлеб) создавал богатство и благополучие государства. Если не хватало хлеба, не было социальной справедливости, возникал голод. Кризисы, беспорядки и войны, как показала история, часто происходят именно в голодающих регионах.

Это очень хорошо понимали в Древней Римской Империи.

В жизни Рима даровая раздача хлеба бедному населению (*plebs urbana*) была явлением первостепенной важности. Со времени императора Августа и до конца Римской империи даровой хлеб получали 200 тыс. человек; ( из расчета 5 модиев в месяц на одного человека, это примерно 120 кг, тогда ежемесячная выдача составляла  $120 \cdot 200000 = 24000000$  кг-24 000 т, а ежегодно  $24 00 \cdot 12 = 288000$  т.) зерно для них и для большинства городов поставляли из Египта – 20 млн модиев и Африка – 40 млн (60 млн модиев – 1 млн 750 тыс. галонов). Одной из главных забот императоров было снабжение столицы хлебом. Стоило только пополз-

ти слухам о недороде, о том, что надвигается голод, как население города сразу же начинало волноваться, и удержу здесь часто не было. Однажды, когда по причине непрерывных неурожаев с продовольствием было плохо, толпа задержала императора Клавдия на Форуме, осыпала его бранью, забросала его хлебными огрызками (хлеб, видимо, выпекался плохой); императору с трудом удалось ускользнуть во дворец. Клавдий принял меры, чтобы обеспечить подвоз хлеба даже в зимнее время; он пообещал возмещать хлеботорговцам убытки, которые они могут понести от непогоды; строителям торговых судов был предоставлен ряд привилегий, сообразно социальному положению каждого: римский гражданин освобождался от обязанности вступать в брак; человек, имеющий «латинское право», получал римское гражданство; женщины – «право четырех детей», т.е. освобождение от всякой опеки.

Хлеб из Египта и Африки прибывал по морю; плавание это не всегда заканчивалось благополучно, и понятна радость жителей городов, когда весной справа от Капри появлялись особые суда, которые привозили известие о скором прибытии александрийского флота. Не все опасности, однако, оставались позади: кораблям надо было пройти вдоль берега до г.Остии, и плавание это было опасным. Тацит рассказывает, как 200 кораблей с хлебом погибли в самой Остийской гавани от сильной бури, а 100 сгорели, поднимаясь по Тибру.

Раздача хлеба существовала и при республике, но как она происходила, мы не знаем. Только со времени императора Августа мы можем хотя бы до некоторой степени ознакомиться с ее организацией. Август поручил приемку и ссыпку хлеба префекту анноны (должность эта была учреждена вскоре после 7 г. н.э.). Император назначал префекта на неопределенное время; его юрисдикции подлежали все проступки в деле торговли хлебом: скрытие хлебных запасов, продажа зерна по вздутым ценам, недобросовестный вес или мера и т.п. Раздачей хлеба, уже привезенного и ссыпанного, ведали «префекты по выдаче хлеба». Обязанность префекта анноны состояла в том, чтобы не допускать обмана или небрежности при ссыпке, следить, чтобы зерно не испортилось от сырости, чтобы принятое количество хлеба в точности соответствовало указанной мере (написано в 49 г. и посвящено Помпею Павлину, префекту анноны этого года). «Префекты по выдаче хлеба» (это были люди сенаторского звания) исчезают при императоре Калигуле и появляются только при императоре Траяне, но с припиской – «по постановлению сената», видимо,

## Название дисциплины

они назначались в случае раздач экстраординарных. Начиная с императора Клавдия управление всем хлебным делом поручается одному префекту анноны. Компетенция его значительно расширяется: у него было свое «ведомство» (*statio*), помещавшееся на южном конце Коровьего рынка, между Тибром и Авентином, своя казна и канцелярия и целый штат служащих: весовщики, смотрители хлебных складов, писцы, "бухгалтеры". Клавдий продолжает здесь политику своих предшественников: представители сената отстраняются, и "забота о продовольствии" (*cura annonae*) оказывается целиком в ведении императора. Со времени же Клавдия раздача хлеба происходила в Минуциевом портике, находившемся на Марсовом Поле. Он был разделен на 45 отделений; каждое отделение имело свой номер; получающие даровой хлеб были разбиты на отдельные группы; члены каждой группы приходили в свой день к своему отделению, где им и выдавался хлеб. В одной надписи упоминается отпущенник Клавдия Януарий, «работающий в Минуции в 14-й день в 42-м отделении». Януарий 14-го числа каждого месяца распределял хлеб, остальное же время, надо думать, занят был подсчетами и готовился к очередной раздаче в следующем месяце. Те, кто занесен был в списки имевших право на даровой хлеб, получали в качестве документа, подтверждавшего это право, «хлебную тессеру» – деревянную дощечку с обозначением дня получения и отделения Минуциева портика, где им отпустят их долю зерна (5 модиев ежемесячно). Эта дощечка была постоянным документом; кроме нее, давалась еще контрольная марка, с которой получатель и шел к Минуциеву портику, отдавал эту марку тому, кто производил раздачу, и получал свой хлеб, который и уносил в мешке. Чиновники собирали вместе полученные марки и затем проверяли число получивших, сверяя списки с контрольными марками.

Хлеб, доставленный в Рим, ссыпался в огромные, специально для хранения продуктов устроенные склады, которые назывались *horrea* – "амбарами". Большинство из них находилось на левом берегу Тибра; XI, XII и XIII районы были вообще центром всего продовольственного дела: тут находилось ведомство префекта анноны, Минуциев портик, гавань, куда приставали и где разгружались суда. Здесь стояла суета и движение, затихавшие только к вечеру; матросы, грузчики, носильщики, возчики, служащие анноны, крупные торговцы, у которых были здесь свои склады, перекупщики, рассчитывающие перехватить на месте товар подешевле, менялы, маклеры самых разных категорий – вся эта пестрая разноплеменная толпа работала, галдела, обделыва-

ла свои дела и, покончив с ними, толпилась в харчевнях, кабаках и гостиницах, которые были здесь, конечно, в числе немалою.

Характерный отпечаток на всю местность накладывали склады. Из двадцати известных нам складов, по крайней мере, шесть находились на берегу Тибра и под Авентином. Самыми большими и важными были Сульпициевы, известные позже под именем Гальбовых. Они были выстроены на земле, принадлежавшей роду Сульпициев, одним из членов этого рода. Об этом свидетельствует могила Сервилия Сульпиция Гальбы, бывшего консулом в 108 г. до н.э., которая благоговейно охранялась и в императорское время. Склады эти император Гальба отремонтировал и расширил, почему в позднейшее время ему стали приписывать и постройку их. Здесь хранился не только хлеб, но и другие продукты, между прочим вино и масло, которые с III в. н. э. начали раздавать народу или совсем бесплатно, как хлеб, или по ценам очень низким (вино); здесь лежали главные запасы государственного продовольствия.

Раскопки в этих местах начались с XVI в. и ведутся с перерывами до настоящего времени. К 1911 году был уже раскрыт прямоугольник около 200 м длиной и 155 м шириной, обнесенный стенами; за ними внутри находились склады: три огромных корпуса, расположенных совершенно симметрично, разделенных дворами, обнесенными колоннадой, на которую и открывались отдельные помещения складов. Помещения эти выходили на две противоположные стороны и были разделены внутри сплошной стеной, в которую с обеих сторон перпендикулярно упирались стены каждой cella – «комнаты» склада. Раскопки 20-х годов показали, что эти склады были значительно больше и доходили почти до реки. На обломке Мраморного Плана имеется схема Лоллиановых складов (*horrea Lolliana*), находившихся также в XIII районе. Они выстроены почти по такому же плану: помещения склада выходят в портик, окружающий центральный двор, и стены их, словно горизонтально вытянутые ветви, отходят по обе стороны от главного ствола – срединной стены.

Склады с запасами государственного продовольствия находились под верховным надзором префекта анноны, пока не перешли в ведение префекта города. Теперь он отвечал за все неполадки в складах, за состояние их стен и крыш, за порчу хлеба от сырости или от других причин. Персонал, обслуживающий эти государственные склады, был, конечно, очень многочисленный; в надписях мы неоднократно встретим «кладовщиков», которые чаще всего были императорскими рабами. Любопытно, что в од-

ной надписи «Зосима, раб Цезаря нашего, кладовщик» выделен и поставлен впереди двух императорских отпущенников: кладовщик был, видимо, важной персоной. Сторожем при складах состоял Евтих, бывший раньше в «Галльской (гладиаторской) школе». Надписи упоминают еще «весовщиков», которые перемеривали хлеб при поступлении его и при выдаче). Довольно много сведений имеется о персонале Гальбовых складов. Они находились под надзором смотрителя – вилика; в его распоряжении были многочисленные рабочие – отпущенники и рабы. Так как снабжение города было делом первостепенной важности, то, по-видимому, складские служащие были на военный лад объединены в три когорты. Существовали у них и религиозные объединения: почитали Добрую богиню, гения императорского дома, Солнце, Геркулеса и Сильвана. Пустующие помещения в императорских складах сдавались в аренду частным торговцам: в Гальбовых складах отпущенница Г. Аврелия Наида вела крупную торговлю рыбой; были тут продавцы военных плащей – *sagarii*, поставщик мрамора и прочее.

В постоянном деловом общении с администрацией и рабочими складов находились судовщики, подвозившие хлеб и другие припасы по Тибру, грузчики («мешочники»), переносившие грузы с судов в склады, «сбрасыватели», которые переправляли зерно из складов на мельницы, откуда мука поступала в булочные, находившиеся обычно в одном помещении с мельницами.

Так что индустрия продажи, хранения, раздачи и переработки зерна в Древнем Риме была поставлена очень хорошо.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ 1

1. Что входит в состав монтажно-технологической документации?
2. Какие вопросы решают при разработке проекта организации строительства и проекта производства работ?
3. Решение каких вопросов обеспечивает участок подготовки производства монтажных работ?
4. Что входит в комплекс работ по организации монтажной площадки?
5. Что такое монтажепригодность оборудования?
6. Какой такелажной оснасткой пользуются при монтаже оборудования?
7. Какие машины и механизмы используют для перемеще-

ния, подъема и установки оборудования в проектное положение?

8. Какими ручными средствами поднимают и перемещают оборудование в монтажной зоне?

9. Какие вспомогательные материалы используют при монтаже оборудования?

10. Как перевозят оборудование на объект?

11. Как перемещают оборудование внутри помещений?

12. С какой целью и как проводят разметочные работы при монтаже?

13. Как выверяют и закрепляют оборудование на фундаменте?

14. Какие применяют методы монтажа оборудования?

15. Как испытывают смонтированное оборудование?

16. Приведите типы канатов, применяемых при монтаже оборудования, и их условные обозначения.

17. Для чего и как покрывают канаты смазкой «Торсиол-35М»?

18. Как канат рассчитывают на прочность?

19. Для чего применяют лебедки, какие они бывают и как работают?

20. Приведите типы домкратов и область их применения.

21. Что такое полиспаст?

22. Какие основные материалы, используемые при монтаже оборудования, вы знаете?

23. Какие измерительные инструменты применяют при выполнении монтажных работ?

24. Перечислите этапы пусконаладочных работ.

25. Каков порядок сдачи смонтированного оборудования в эксплуатацию?

## **2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

### **2.1. Общие вопросы эксплуатации**

Эксплуатация – совокупность мероприятий по эффективно-му использованию и поддержанию эксплуатационных свойств технологического оборудова- ния в процессе его примене-



## Название дисциплины

ния. С народнохозяйственных позиций эксплуатация технического оборудования на предприятиях зернопереработки заключается в реализации потребительских свойств оборудования.

В формулировке эксплуатации заложено деление её на два вида эксплуатационных работ:

- мероприятия, преследующие цель максимально эффективного использования оборудования (то есть выжать из приобретённого оборудования максимум прибыли);
- мероприятия по поддержанию оборудования в постоянной готовности к использованию.

Эти мероприятия принципиально отличаются по целям, содержанию и исполнителям, и поэтому выделяют два взаимосвязанных вида эксплуатации: производственную и техническую.

Производственная эксплуатация – это процесс использования оборудования по своему назначению, в результате которого получается продукция зернопереработки. В этом процессе участвует главным образом производственный персонал (оператор, дежурный и т.п.).

Техническая эксплуатация – это процесс обеспечения и поддержания требуемых эксплуатационных свойств, заключающийся в восстановлении параметров, утрачиваемых при использовании или хранении. Техническую эксплуатацию осуществляют специалисты эксплуатационной службы предприятия. Результат (продукция) службы технической эксплуатации – эксплуатационная надёжность оборудования.

В технической литературе процессы производственной эксплуатации часто для краткости и ясности именуется использованием, а процессы технической эксплуатации – обслуживанием. В дальнейшем для удобства изложения материала будем пользоваться этими терминами.

Цель эксплуатации оборудования вытекает из целей производственной системы зернопереработки. Как и для любой производственной системы, цель её – удовлетворять растущие потребности общества за счет увеличения выпуска продукции, повышения ее качества и снижения себестоимости. А для этого необходимо, чтобы работа всех в совокупности элементов, в том числе и технологического оборудования, была подчинена целям всей производственной системы. Поэтому цель эксплуатации состоит в обеспечении эффективной работы технологических объектов за счет поддержания требуемой надежности и рационального использования оборудования.

### 2.1.1. Эксплуатационные свойства технологического оборудования

В формулировке эксплуатации присутствует понятие эксплуатационных свойств оборудования, число которых у привередливого потребителя непрерывно возрастает.

Под эксплуатационными свойствами оборудования понимают те его объективные особенности или признаки качества, которые характеризуют, в какой мере то или иное изделие соответствует требованиям эксплуатации. Чем полнее приспособлено оборудование к эффективному использованию и обслуживанию, тем лучше его эксплуатационные свойства.

В настоящее время эксплуатационные свойства включают в себя следующие требования:

1) технологические – требования качества выполнения технологического процесса, (качества функционирования), сводящиеся к получению продукта с заданными параметрами; показатели качества разные для разных машин, поэтому эти требования относятся к специальным; кроме того они первоочередные, остальные имеют смысл рассматривать только при выполнении требований качества;

2) надежность – это свойство оборудования выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования;

3) технико-экономические свойства, определяющие соотношения затрат при пользовании машиной, стоимость приобретения, монтажа, обслуживания, использования и ремонта оборудования; для технологического оборудования зернопереработки главные показатели: удельная производительность на единицу стоимости, удельная энергоёмкость, удельная металлоёмкость, площадь на единицу производительности;

4) энергетические свойства – отражают способность оборудования использовать электроэнергию с высоким коэффициентом полезного действия, а также приспособленность к переходным (пуск, торможение) режимам работы.

5) технические свойства технологического оборудования:

- а) режимность,
- б) технологичность изготовления;
- в) монтажепригодность;
- г) ремонтпригодность;

- д) унификация;
- е) взаимозаменяемость;
- ж) собираемость и др.

б) эргономические свойства, характеризующие удобство взаимодействия человека и машины; её безопасность для человека; эргономические свойства определяют соответствие оборудования психофизиологическим возможностям обслуживающего персонала. Они оцениваются по гигиеническим, антропометрическим, физиологическим и психологическим показателям, установленным по определенным ГОСТам. В группу гигиенических показателей входят уровни освещенности, запыленности, шума, вибрации, напряженности магнитного поля и др. Особенно нестабильны механические, магнитные, виброшумовые воздействия. К антропометрическим относят показатели, характеризующие соответствие конструкции и размещения органов управления оборудования особенностям обслуживаемого персонала. Другие эргономические свойства оборудования должны соответствовать зрительным, слуховым, силовым и рефлекторным возможностям человека и его трудовым профессиональным навыкам;

7) экологические свойства – определяющие уровень вредных воздействий оборудования на окружающую среду;

8) эстетические свойства – машина должна быть красивой;

9) устойчивость против влияния внешней среды.

Эксплуатационные свойства закладывают при разработке и изготовлении оборудования, и реализуют в процессе его эксплуатации.

Совокупность эксплуатационных свойств можно разделить на общие, присущие всем видам оборудования, и специальные, имеющие значение для конкретных групп оборудования. К общим свойствам относят надежность и технико-экономические свойства, а к специальным – технологические, энергетические, эргономические и другие свойства.

Численную оценку эксплуатационных свойств осуществляют при помощи единичных или комплексных показателей (параметры, характеристики). Единичный показатель относится только к одному свойству либо одному его аспекту, а комплексный – к нескольким свойствам.

Большинство свойств по величине принято характеризовать показателями (качества, надёжности, технико-экономическими и др). Но в отношении технических и эргономических свойств употребляют термин характеристики и параметры. Параметры строятся на базе предпочтительных рядов чисел.

Эксплуатационные свойства должны соответствовать условиям внешней среды. Факторы внешней среды подразделяют на климатические, биологические и механические. При этом климатические факторы могут быть естественными (природными) при размещении оборудования на открытом воздухе (наружные установки) или искусственными – при размещении машин внутри помещений (внутренние установки). Основными климатическими параметрами служат температура, влажность и загрязненность атмосферы. По этим признакам правилами технической эксплуатации предусмотрена следующая классификация производственных помещений.

Сухие – помещения с относительной влажностью не выше 60% (конторы, школы, больницы, жилые комнаты, подсобные помещения в ремонтных мастерских, отапливаемые склады, и т.д.).

Влажные – помещения с относительной влажностью от 60 до 70%, пары и конденсирующаяся влага выделяются лишь временно и притом в небольших количествах (залы столовых, лестничные клетки, кухни жилых домов, неотапливаемые склады и т.д.).

Сырые – помещения с относительной влажностью, длительно превышающей 75% (овощехранилища, доильные залы, молочные, кухни столовых, помещения, оборудованные установками микроклимата, и т. д.).

Особо сырые – помещения с относительной влажностью, близкой к 100%. Поверхности этих помещений могут быть покрыты влагой (моющие отделения в мастерских, кормоцехи влажных кормов, теплицы, душевые), а также установки под навесом и в неотапливаемых помещениях со средой, практически не отличающейся от наружной.

Пыльные – помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, оседающая на оборудование и проникающая внутрь его (помещения для помолы зерна, приготовления концентрированных кормов, комбикормовые цехи и заводы и т. д.).

Особо сырые с химически активной средой – помещения с относительной влажностью, близкой к 100%, с постоянным или длительным содержанием паров аммиака, сероводорода или других газов невзрывоопасной концентрации или образующих отложения, разъедающие части оборудования (животноводческие помещения без микроклимата, склады минеральных удобрений и т.п.).

Пожароопасные (класс П) – помещения, в которых изготов-

## Название дисциплины

ливают, хранят, перерабатывают или применяют горючие вещества. При этом помещения, в которых сжигают твердое или газообразное топливо, например газовые котельные, не относятся к пожароопасным.

С точки зрения требований к оборудованию различают следующие категории помещений этого класса: П- I, П-II, П- IIа:

класс П-I – помещения, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45 °С (склады минеральных масел, установки по регенерации этих масел и др.);

класс П-II – помещения, в которых выделяется горючая пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние, степень измельчения и влажность которых не превышает низшего предела взрыва – 65 г/м<sup>3</sup> (мало запыленные помещения мельниц и элеваторов, зернохранилища);

класс П- IIа – помещения, в которых содержат твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и др.), а также складские помещения для хранения горючих материалов.

Взрывоопасные помещения (класс В) – помещения, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси газов или паров с воздухом или горючей пылью или волокон с воздухом (сильно запыленные помещения мельниц и т. п.). Различают следующие категории помещений этого класса:

класс В-I – помещения, в которых взрывоопасные смеси могут образовываться при нормальных, недлительных режимах работы (хранение и переливание легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, имеющих в открытых сосудах и т. п.);

класс В-Iа – помещения, в которых взрывоопасные смеси могут образовываться только в аварийных ситуациях или при неисправном оборудовании (аккумуляторные, нефтебазы и т.п.);

класс В-II – помещения, в которых образуются взрывоопасные смеси горючей пыли или волокон во взвешенном состоянии с воздухом при нормальных недлительных режимах работы (загрузка или разгрузка технологических аппаратов, мельниц, крупозаводов).

Наружные пожароопасные условия эксплуатации машин (класс П-III) – это такие, при которых в установках применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки газов выше 45 °С (открытые или под навесом склады минеральных масел, угля, торфа, дерева и т.д.).

Наружные взрывоопасные условия эксплуатации

электроустановок (класс В-Іг) – это условия, при которых в установках содержатся взрывоопасные среды и образуются взрывоопасные смеси только в результате аварии или неисправности (нефтебазы и т.п.).

Наличие в пыли абразивных частиц приводит к повышенному износу вращающихся элементов оборудования. Пыль многих материалов хорошо поглощает из атмосферы агрессивные газы и влагу, что приводит к образованию коррозии. Осаждающаяся пыль ухудшает теплоотдачу электрооборудования, вызывает повышенный нагрев изоляции и сокращение срока ее службы. Поэтому большинство предприятий зернопереработки снабжены аспирационными системами.

Особое внимание заслуживают влажные среды с периодическими поступлениями в них пыли. Такие помещения отсутствуют в классификации условий эксплуатации, но реально существуют. Например, помещения комбикормовых заводов. Пылевые частицы компонентов комбикорма оседают на влажные детали и узлы оборудования и прилипают к ним. Со временем слой увлажненной пыли утолщается и затвердевает на крыльчатках вентиляторов, электрокалориферах и системах микроклимата.

На предприятиях зернопереработки и зерноскладах имеются весьма благоприятные условия для жизнедеятельности многих микроорганизмов, насекомых и грызунов. Они поедают и разрушают своими выделениями узлы аппаратуры и электрические провода, выполненные из органических материалов, выводят из строя всю установку.

Предприятия зернопереработки относятся к категории пожароопасных (классы П-ІІ, и П-ІІа) и взрывоопасных (В-ІІ).

### **2.1.2. Состояние машины в процессе эксплуатации**

Процесс эксплуатации – это самый длительный и ответственный период в жизненном цикле любой машины (как и любого изделия) Этот этап отличается реальными нагрузками, действующими на машину, реальными колебаниями температур, давлений и атмосферных осадков и т.д.

В процессе эксплуатации машина взаимодействует с окружающей средой, а её элементы взаимодействуют между собой. Это взаимодействие вызывает трение, нагрев, нагружение деталей и т.д. В результате машина, как и её элементы, изменяет своё первоначальное состояние. Оно может измениться настолько, что

машина не сможет выполнять заданные функции.

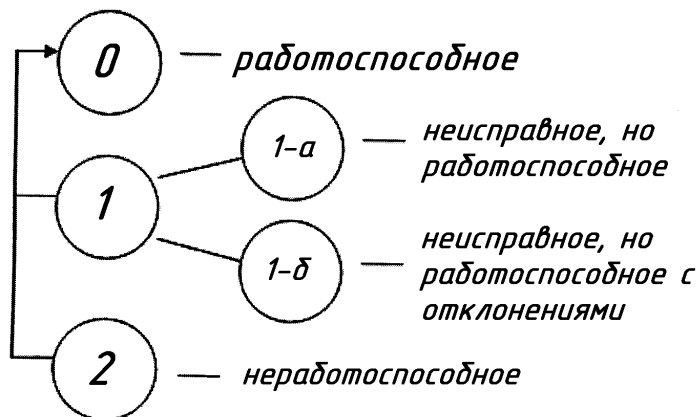


Рис.2.1.1. Схема видов состояний машины

В соответствии с этими признаками различают три состояния оборудования (рис.2.1.1):

- работоспособное – состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции с параметрами, значения которых установлены технической документацией;
- работоспособное, но неисправное – это состояние машины, когда она, хотя и может выполнять свои основные функции, но не отвечает всем требованиям технической документации (например, ободрана краска, помят кожух и т.п.);
- неработоспособное.

Важнейшее обстоятельство, осложняющее использование ТО, – это непрерывное изменение его эксплуатационных свойств во времени.

Каждый показатель может колебаться относительно заявленных изготовителем. По этому признаку их разделяют на номинальные, рабочие и результирующие показатели.

Номинальные показатели – это указанные изготовителем оборудования значения основных параметров, регламентирующие его свойства и служащие исходными для отсчета отклонений от этого значения при испытаниях и эксплуатации. Их указывают в технической документации и на этикетке (шильдике) оборудования.

Рабочие показатели – это фактические значения, наблюдаемые в данный момент эксплуатации при конкретном сочетании действующих факторов. Они дают обычно «точечную» оценку свойств.

Результирующие показатели – это средние или средне-

взвешенные значения параметров за некоторый период эксплуатации (сезон, год или срок службы). Они дают более полное представление об эффективности использования и результативности обслуживания (ремонта) оборудования. Эксплуатация должна быть налажена таким образом, чтобы результирующие показатели были не хуже номинальных.

С позиций работоспособности оборудование может находиться в одном из следующих состояний: исправном, неисправном, работоспособном или неработоспособном.

Исправное состояние (исправность) – соответствие всем установленным требованиям нормативной или конструкторской документации.

Неисправное состояние (неисправность) – несоответствие хотя бы одному из указанных требований.

Работоспособное состояние (работоспособность) – соответствие установленным требованиям всех тех параметров, которые характеризуют способность выполнять заданные функции.

Неработоспособное состояние (неработоспособность) – несоответствие хотя бы одного параметра работоспособности установленным требованиям.

### **2.1.3. Анализ эффективности использования оборудования**

Снижение затрат на эксплуатацию оборудования, улучшение качества ремонта имеют огромное значение для перерабатывающих предприятий. Поэтому первостепенная задача – анализ использования оборудования и повышения его эффективности. Без качественного и систематического анализа работы оборудования невозможно объективно выявить имеющиеся резервы по улучшению работы всех видов оборудования. Для этого на предприятии анализируют:

- состояние использования машин и оборудования (возрастной состав оборудования, сменность работы оборудования, простои оборудования в ремонте, фондоотдача и др.);

Различают следующие формы использования машин и оборудования: индивидуальное и совместное. Наибольшее распространение на зерноперерабатывающих предприятиях нашло групповое (совместное) использование оборудования. Групповое и индивидуальное использования оборудования не исключает возможности использования его другим товаропроизводителем.

Организационную форму совместного владения техникой



## Название дисциплины

применяют при использовании мобильной техники. В последние годы созданы пункты проката техники.

Для анализа использования оборудования применяют ряд показателей. Эффективность использования оборудования перерабатывающих предприятий зависит от множества факторов, которые можно разделить на три группы: сырьевые, организационно-технические и организационно-экономические.

Среди сырьевых факторов важнейшими являются объем сырьевых ресурсов и равномерность их поступления в течение года. Чем равномернее поступает сырье, тем выше производительность труда, а следовательно, и уровень использования оборудования.

К организационно-техническим факторам относят: внедрение прогрессивных и рациональных способов переработки всех видов сырья, комплексную механизацию и автоматизацию производственных процессов, внедрение новых, прогрессивных методов интенсификации процессов производства, совершенствование технологических процессов на всех стадиях производства, механизацию погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ.

Уровень использования оборудования характеризуется большим комплексом общих и частных показателей.

К числу показателей экстенсивного использования, характеризующих уровень использования оборудования по времени работы и количеству оборудования в парке, относятся коэффициенты использования календарного, номинального, расчетного, и планового фонда времени: сменной работы оборудования, внутрисменного использования оборудования, общего машинного времени, полного использования оборудования, использование парка оборудования и т.д.

Их еще называют показателями машиноиспользования. Для расчета выбранных показателей используют результаты хронометрирования, при котором учитывают время работы, время ремонта, простоев, обслуживания.

Простои различают:

$t_1$  – по технологическим причинам (эксплуатационные перегреживания, неисправность),

$t_2$  – простои, связанные с устранением неисправностей,

$t_3$  – планируемые простои (профилактические и предупредительные, техническое обслуживание и ремонт),

$t_4$  – простои по организационной работе.

Суммарные простои

## Название дисциплины

$$T_{\text{пр}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

Соотношение между различными длительностями простоев называют коэффициентами машиноиспользования. К ним относят:

- коэффициент технического использования

$$K_{\text{ти}} = T_{\text{чр}} / (T_{\text{чр}} + T_{\text{пр}}),$$

где  $T_{\text{чр}}$  – время чистой работы;

- коэффициент эксплуатационной эффективности

$$K_{\text{ээ}} = K_{\text{г}} \cdot K_{\text{ти}},$$

где  $K_{\text{г}}$  – коэффициент готовности,

$$K_{\text{г}} = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{р}} + T_{\text{в}}},$$

где  $T_{\text{р}}$  – средняя наработка на отказ;  $T_{\text{в}}$  – среднее время отыскания и устранения отказа.

Эффективность машины определяется по соотношениям вида

$$Q = (Ц - С) / К,$$

где  $Ц$  – цена всей продукции;  $С$  – стоимость всех затрат;  $К$  – капитальные затраты на приобретение, монтаж и наладку оборудования.

Эта формула носит упрощённый характер.

Для повышения коэффициентов машиноиспользования существует ряд резервов:

- 1) оптимизация режимов работы оборудования;
- 2) улучшение показателей надежности;
- 3) своевременная диагностика;
- 4) повышение качества обслуживания оборудования для увеличения надежности и применение прогрессивной предупредительной профилактической системы ремонта.
- 5) непрерывный контроль за работой оборудования;
- 6) модернизация оборудования;
- 7) своевременный ремонт и восстановление деталей, оптимизация количества запасных частей;
- 8) защита оборудования от внешнего воздействия;
- 9) повышение мастерства рабочих;
- 10) экономическое стимулирование бережного обращения с техникой;
- 11) мероприятия по энергосбережению; энергетические перемены;
- 12) автоматизация технологических процессов;
- 13) резервирование;

14) обеспечение монтажепригодности, ремонтпригодности и собираемости машины;

15) повышение уровня унификации и взаимозаменяемости для ускорения восстановления работоспособности.

Все эти мероприятия проводит производственный персонал с целью максимально возможного сохранения эксплуатационных свойств оборудования простыми методами. Но полностью приостановить изменение этих свойств производственная эксплуатация не в состоянии. В конечном итоге машину нужно либо отремонтировать, или заменять новой.

#### **2.1.4. Разработка графика загрузки оборудования**

График загрузки оборудования зерноперерабатывающего предприятия составляют для уточнения и проверки правильности выбора основного технологического оборудования, установления очередности включения и продолжительности работы машин, а также для определения почасового расхода электроэнергии, пара, горячей и холодной воды. Основой для составления такого графика являются технологические процессы предприятия. Каждой операции этих процессов должна соответствовать работа машин и оборудования, число и марка которых определены при расчете и подборе технологического оборудования.

График работы оборудования предприятия выполняют на миллиметровой или чертежной бумаге в виде таблицы, имеющей восемь граф.

В первой графе записывают наименование машин и оборудования в строгом соответствии с принятой технологией производства данного вида продукции. Во второй и третьей графах приводят сведения о марке (типе) оборудования и его часовой производительности (вместимости). В четвертой графе указывают число машин и оборудования; в пятой – сменную или суточную производительность оборудования. Последние три графы (шестая, седьмая и восьмая) обозначают смены, их разбивают на соответствующее число часов работы в каждой смене. В этих графах с помощью условных знаков и линий отражают время работы оборудования при выполнении основных и подготовительно-заключительных операций. Обычно отдельно показывают наполнение и опорожнение резервуаров или других емкостей, их очистку, разборку и сборку.

Технологическое время работы оборудования рассчитывают на основании паспортной производительности машин, продолжи-

Название дисциплины

тельности смены и коэффициента использования.

Очередность включения, работы и выключения машин и оборудования должна полностью соответствовать очередности операций технологического процесса предприятия.

Зная методику построения графика технологических процессов и графика работы оборудования, можно разработать их совмещенный график. Особенность совмещенного графика технологических процессов и работы технологического оборудования – показ одновременно операций технологического процесса, времени работы машин и оборудования и его производительности по каждой операции в течение смены.

Технологические операции в совмещенном графике показывают в виде линий с указанием интенсивности обработки и переработки продукта. Работу оборудования показывают условными обозначениями: наполнение, опорожнение, разборка, очистка и сборка машин и аппаратов.

На рис.2.1.2 показан график потребления тепла зерновой сушилкой типа РД1х25 и потребления ею тепловой мощности (в нее входит энергия, полученная от сжигания солярки, и энергия, потребляемая сервисными электродвигателями).

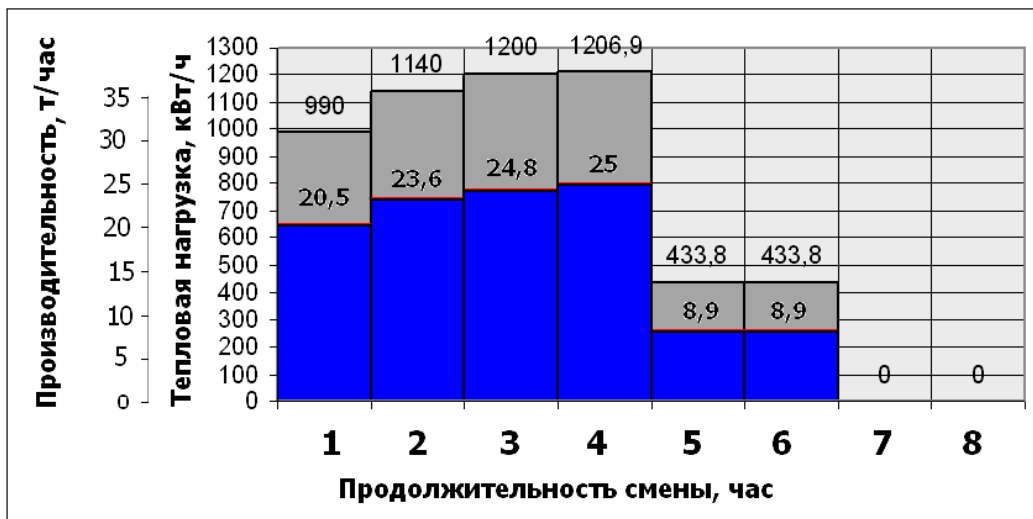


Рис.2.1.2 Совмещенный график производительности зерносушилки и ее тепловой нагрузки (расход энергии)

Из графика видно, что максимальная тепловая нагрузка бу-

дет в первые 4 часа рабочей смены. Наибольшее значение (1206,9 кВт/ч) принимается для дальнейшего расчета сушильных агрегатов. Такие данные позволяют сбалансировать загрузку предприятия более рационально.

#### 2.1.5. Организация материально-технического снабжения действующих предприятий

Для бесперебойной работы перерабатывающие предприятия должны быть обеспечены необходимыми материально-техническими ресурсами, представляющими часть оборотных фондов предприятия, которые полностью потребляются в каждом производственном цикле. К ним относятся запасные части, материалы, инструмент и др.

Предприятия для восстановления работоспособности машин и оборудования используют детали и материалы, производимые большим числом изготовителей. Они, как правило, сами не выходят на машиностроительные, инструментальные и другие заводы, а используют в основном созданную торговую сеть и дистрибьюторские системы.

Дистрибьютор – оптовый посредник, который закупает продукцию для последующей продажи розничным магазинам, предприятиям, фирмам и дилерам с целью получения прибыли.

Помимо дистрибьюторов существуют и другие организации, занимающиеся материально-техническим обеспечением, но отличающиеся по видам предлагаемых услуг, номенклатуре товаров, обслуживанию отдельных категорий заказчиков. Это независимые оптовые посредники, снабженческо-сбытовые фирмы предприятий-изготовителей, технические центры, торговые дома, брокерские конторы и др.

В соответствии с планами производства продукции перерабатывающие предприятия разрабатывают планы материального обеспечения.

План материально-технического обеспечения составляют в натуральном и стоимостном выражении на год с разбивкой по кварталам. Его разрабатывают в форме заявок, содержащих расчеты потребности в отдельных видах материально-технических средств.

Расчетные потребности в материально-технических ресурсах, составляющие основу плана материально-технического обеспечения, определяют исходя из особенностей работы предприятия. Их формируют в виде отдельных таблиц, классифицируемых по виду применяемых материально-технических средств: матери-

алы, нефтепродукты, запасные части и др.

Потребность в материальных ресурсах для ремонтно-эксплуатационных нужд определяют несколькими методами: по индивидуальным нормам затрат ресурсов на физическую единицу оборудования для текущего или капитального ремонта (с дополнительным учетом расхода материалов при межремонтном обслуживании); по нормам затрат ресурсов на условную ремонтную единицу и объемам работ, выраженных в единицах ремонтной сложности оборудования; на основе обследования технического состояния оборудования.

Расчеты, в основу которых положены нормы расхода материалов на эксплуатационные нужды и потребные для них производственные запасы, разрабатывают в групповой номенклатуре (без спецификации по маркам, профилям и размерам). В расчетах учитывают требуемое количество материалов для технологической и ремонтной модернизации действующего оборудования, а также восстановления изношенных деталей.

Нормы расхода материальных ресурсов представляют максимально допустимое значение расхода их на единицу работы. Нормы должны быть научно обоснованными. Их устанавливают и совершенствуют по мере внедрения передовых методов организации производства и труда. Они могут быть перспективными (на длительный период освоения), годовыми, текущими, индивидуальными (для конкретных организационно-технических условий) и групповыми (для однотипных работ) с разной степенью укрупнения.

Для определения потребности в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды для каждой отрасли перерабатывающей промышленности утверждены нормы расхода материалов для основных видов технологического оборудования. Для тех видов оборудования, на которые эти нормы не распространяются, на предприятиях устанавливают временные нормы расхода материалов.

Эти нормы разрабатывают для каждого вида оборудования на основе опытных данных, полученных на предприятиях.

Суммарные нормы расхода материалов, кг/год, определяют на основании дифференцированных норм и периодов между отдельными видами ремонта по формуле

$$N_p = N_k K_k + N_c K_c + N_r K_r,$$

где  $N_k$ ,  $N_c$ ,  $N_r$  – нормы расхода материалов на отдельные виды ремонта (соответственно капитальных, средних, текущих);  $K_k$ ,  $K_c$ ,  $K_r$  – число отдельных видов ремонта, приходящихся на

## Название дисциплины

один год (соответственно капитальных, средних, текущих).

Суммарные годовые нормы расхода материалов на межремонтное обслуживание определяют на основании правил технической эксплуатации оборудования и опытных данных о фактических затратах за последние 2-3 года.

Годовая потребность в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды для технологического оборудования складывается из суммарных норм, установленных для отдельных видов машин (аппаратов). Годовые суммарные нормы на ремонтно-эксплуатационные нужды для отдельных машин (аппаратов) определяются путем сложения суммарной нормы на ремонт ( $H_p$ ) и суммарной нормы на межремонтное обслуживание ( $H_0$ ).

Для тех видов материалов, которые не расходуются в процессе межремонтного обслуживания, суммарная норма расхода на ремонтно-эксплуатационные нужды принимается равной суммарной норме расхода на ремонт.

Однако запас не должен превышать определенную норму и детали не должны храниться длительное время без движения.

Отдел главного механика устанавливает экономически целесообразные нормы запаса деталей по предприятию на основе типовых норм расхода запасных частей на изделие.

Для основных видов технологического оборудования нормы расхода запасных частей приведены в справочниках нормативов расхода запасных частей, основных и вспомогательных материалов на ремонт и эксплуатацию технологического оборудования и другой нормативно-технической документации.

После получения материалов и запасных частей их хранят на складах предприятия.

Складской запас состоит из текущего и страхового. Текущий запас предназначен для текущего снабжения предприятия за период между поставками. Страховой запас создают на случай несвоевременной поставки материально-технических ресурсов поставщиками. Нормы запасов зависят от среднедневного потребления и периодов поставки. Чем больше период между поставками, тем больше норма запаса. Различают три вида запасов: максимальный, минимальный и средний.

Максимальный текущий запас определяют умножением нормы дневного потребления на период между двумя поставками.

Минимальный запас (страховой, или резервный) находят умножением среднедневного потребления материалов на среднее число дней отклонений от установленных сроков поставок.

Средний переходящий запас берут как среднеарифметиче-

ское значение между максимальным и минимальным запасами.

Для учета потребления эксплуатационных материалов и запасных частей на предприятии ведут специальную документацию: реестр наименований материально-технических ценностей, лимитно-заборную ведомость, ведомость учета расхода товарно-материальных ценностей.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.1

### ИСТОРИЯ МУЧНОГО И ХЛЕБОПЕКАРНОГО ДЕЛА

Из всех пищевых продуктов современного человека хлеб занимает, бесспорно, первое место. Точно не установлено, когда человек впервые стал выпекать хлеб. Несомненно, что, начав засеять поля хлебными зёрнами, человек не мог уже довольствоваться употреблением их в пищу в сыром виде, а стал готовить из них искусственным образом свою пищу. Следовательно, начало хлебного производства надо искать в том периоде истории, когда человек бросил кочевую жизнь и начал оседлую, вместе с которой началась цивилизация человека. Следовательно, хлебопечение положило начало цивилизации – не даром в мифологии древних народов хлебопечение имеет божественное происхождение.

Известный ученый-селекционер Н.И.Вавилов отмечал, что зерновые культуры появились примерно 10 000 лет назад. В таком виде, в каком мы их знаем сейчас, они появились в нескольких местах: Месопотамии, Южной Америке, в Индии, Китае. Предшественником зерновых культур может быть дикая пшеница однозернянка, хотя хромосомный аппарат у них абсолютно разный. По историческим документам известно, что финикийцы занимались хлебопашеством и даже вывозили зерно в другие страны. Особенно процветало хлебопашество в Древнем Египте, откуда оно перешло к грекам. От последних переняли хлебопашество римляне, которые вместе со своей культурой распространили его в Западной Европе. Все эти народы культивировали преимущественно пшеницу и ячмень. В Восточную Европу привезли хлебное зерно (главным образом рожь) кочевые народы при своем пришествии из Азии. Первоначально человек готовил себе из хлебных зёрен кашу, для чего зерна толкли в деревянной ступке, превращая их в крупу. Затем стали зерна предварительно поджаривать для облегчения дробления и придания им сладковатого вкуса (образование декстрина). Кроме того при поджаривании легко отстает оболочка, которая после дробления зерна отделя-



ется пропусканьем сквозь сито.

Приготовленная из такого зерна каша долго существовала как продовольствие армии в походе. Известна, например, "Римская каша", Puls romana, которая изготовлялась из смеси поджаренной пшеничной крупы (bucellatum) с водой. По словам римского писателя Полибия, легионы Сципиона питались исключительно зерновой кашей и жареным мясом. Тит Ливий повествует, что в поход брали иногда готовую холодную зерновую кашу, которую помещали в походные котелки. Ее ели в холодном и разогретом виде, прибавляя туда сала.

Во время Наполеоновских войн в позапрошлом столетии в Испании один Канарский полк, который высадился в Кадиксе и должен был пересечь весь полуостров, ни разу не получил хлеба, а довольствовался все время привезенной с собой кашей по 150 г. в сутки на человека, причем делал все время переходы около 20 верст в день, не имея ни одного отставшего. Это доказывает, что поджаренная и толченая пшеница, сохраняя все свои питательные вещества, отлично переваривается человеческим организмом.

Зерновую кашу стали постепенно делать гуще, зерно дробить все мельче, пока, наконец, не перешли к муке, из которой стали готовить тесто, выпекаемое в хлеб.

Но так как тесто не подвергалось первоначально брожению, то хлеб получался плотный в виде лепешек, которые выпекались или на углях, или в горшках. Последний способ сохранился в некоторых странах и поныне, например на Кавказе у горцев, а также в Персии. Он состоит в том, что изготовленные из теста сырые лепешки накладываются на внутреннюю стенку большого глиняного горшка, который ставят в печь. Когда лепешка выпечется, то она отваливается и падает на дно горшка.

Наконец люди научились подвергать тесто брожению (квашению) с помощью разрыхлителей для придания ему пористости. Такой способ приготовления хлеба известен был в глубокой древности, так, например, из Ветхого Завета известно, что евреи отличали пресный хлеб (мацца) от квашеного. С тех пор способ приготовления хлеба мало изменился, усовершенствовалась только техника хлебопекарного дела.

Для закваски греки употребляли сушеную смесь муки с виноградным соком, находившимся в брожении. Римляне брали для закваски, как это практикуется теперь, старое тесто, бывшее в брожении.

У римлян мука делилась на несколько сортов:

## Название дисциплины

- 1) сорт высший – *flos farinae siligo*,
- 2) сорт *farina simila* – сорт первый,
- 3) сорт *farina cibaria* – обойная мука,
- 4) отруби *furfur*.

Приготовленный хлеб выпекался в печах, очень сходных по своему устройству с нашей “русской печью”, что видно из раскопок Помпеи, где нашли даже хлеб в печах.

Приготовление теста производилось большей частью ручным способом, но на некоторых древних фресках изображено некоторое подобие тестомесилки.

Первоначально не существовало отдельных хлебопекарен, а в каждом хозяйстве готовился хлеб для своей надобности, причем хлебопечением занимались обыкновенно женщины и рабы. В Средние века каждый замок или монастырь имел свою мукомольню и хлебопекарню. Таким образом стали подготавливаться специалисты – мукомолы и пекари. Из них-то образовались в Средние века цехи мукомолов и пекарей, когда вокруг замков и монастырей стали развиваться города.

Для защиты своих интересов городские ремесленники, из которых состояли преимущественно городские жители, образовали в VIII веке н.э. в Западной Европе братства (*Genossenschaften*), которые в 12-м столетии вылились в более организованную форму – цехи, имевшие Императором дарованные привилегии и утвержденный устав, так, например, цехи имели монополию хлебопечения в городах, и никто не имел право продавать хлеб, выпеченный в другом городе. Без согласия цеха никто не имел право открывать новой булочной в городе и т.д. Но в то же время булочные цехи подвергались большому ограничению, так, например, каждый булочник обязан был печь определенное, указанное ему количество хлеба, чтобы не было перепроизводства хлеба и чтобы для всех горожан его хватало. По воскресеньям и праздникам, когда большинство жителей сами пекли себе хлеб, не все городские пекарни имели право печь хлеб, а только очередные, чтобы не было перепроизводства хлеба.

Ввиду важности хлебопекарного производства для народного продовольствия уже в Древние времена промышленное хлебопечение было под контролем правительства. В Европе в 10-м столетии существовали в городах особые учреждения, которые владели хлебным делом, контролируя хлебный товар, отпускаемый пекарнями в продажу, в отношении веса и доброкачественности. Когда образовались цехи, то они приняли в них участие.

Цена хлеба ежегодно точно устанавливалась правитель-

ством при участии представителей цеха. Для контроля веса хлеба в каждом городе имелись специально для этой цели весы, на которых каждый покупатель мог проверить вес хлеба. Каждый пекарь обязан был всегда иметь у себя в лавке запас печеного хлеба, а если у него такового не оказалось, несмотря на то, что у него имелся запас муки, то он подвергался штрафу.

При изменении цен на муку цена на печеный хлеб обычно не менялась или менялась незначительно. В случае нарушения обязательных постановлений булочников наказывали в Средние века очень строго. Так, например, за уменьшение веса или прибавление к муке посторонних веществ булочник подвергался помимо большого денежного штрафа телесному наказанию. В Германии одному булочнику суд приговорил обрезать оба уха за то, что он отпускал неполновесный хлеб. Такому же наказанию подверглись даже его подмастерья за соучастие.

Для наказания булочников существовали в Германии до 18-го столетия различные позорные наказания, например, выставление провинившегося булочника на показ у позорного столба, поставленного посреди большой глубокой лужи для издевательства толпы, и так называемый "Wippe" или "Schopf". Это наказание состояло в том, что виновного сажали в большую корзину и выставляли в таком виде на площади напоказ, а затем публично окунали вместе с корзиной в воду.

Все эти варварские наказания постепенно исчезли и уже в начале прошлого столетия были заменены денежными штрафами, которые практикуются и в наше время. Стеснительная регламентация цен на все хлебные пекарные изделия исчезла на Западе. В Австрии и Германии от булочника требуется только, чтобы он в своей лавке вывешивал цену на простой весовой пшеничный и ржаной хлеб.

Хлебные пошлины были введены в Германии в 1874 году, а в 1894 году они были повышены. Особенно в жалком состоянии находилось хлебное дело во Франции, где во времена королевского правления этот вопрос настолько был не урегулирован, что, несмотря на обильные урожаи зерна, в большей части Франции, в Париже и многих южных городах нередко случался голод. Неудовлетворительное решение хлебного вопроса было там одной из главных причин народных возмущений.

Недостаток организации этого важного вопроса заключался главным образом: в отсутствии хороших путей сообщения, слишком больших налогах на землевладельцев и ремесленников, в том числе и булочников, стеснительных правилах для пекарен, много-

## Название дисциплины

численных дорожных пошлинах при перевозке зерновых продуктов через промежуточные города, строгой регламентации цен, иногда совершенно не соответствовавших действительной стоимости печеного хлеба, и т.п. Так, например, в 1420 году французское правительство назначило цену за 1 setier (1,59 гектолитр) – 4 франка вместо прежних 8 франков. По этой цене булочники обязаны были в Париже продавать хлеб, между тем в действительности им невозможно было получить зерно по этой цене. Следствием этого распоряжения была полная остановка в Париже всех мельниц и пекарен, вызвавшая голод в этом городе.

Сознавая причину народных бедствий и происходивших вследствие этого волнений, Генрих VI отменил в 1595 году все налоги на зерно, что сразу урегулировало цены на хлеб во всей Франции, и народ был очень доволен. Но король ввел опять прежние налоги на хлеб, особенно в Париже, который получал хлеб из северных департаментов, причем зерно должно было совершить длинный путь, в котором на него накладывались промежуточные (транзитные) городские пошлины, подымавшие неизменно его цену до прибытия в Париж.

Чтобы избежать уплаты чрезмерно высокого налога на пшеницу, крестьяне во Франции стали сеять овес, чтобы кормить им свою семью. Из овса изготовляли названный там "хлеб для голодающих", отличающийся недоброкачеством. Последствием этих тяжелых условий явилось общее народное недовольство. Поэтому в 1774 году пришлось вновь отменить все налоги на хлеб.

Людовик XV, нуждаясь в деньгах, отменил свободную торговлю хлебом и устроил хлебную монополию, продав за большие деньги единоличное право вывоза хлеба из одного департамента в другой товариществу Малиссе "Compagnie Malisset". Это бессознательное товарищество, закупая вследствие своего монопольного права зерно в департаменте, богатом хлебом, по крайне низкой цене, перепродавало его в другой департамент, бедный хлебом, или поставляло в город по безбожно высокой цене, наживая таким образом колоссальные проценты. Эта затея кончилась при Людовике XVI, возобновившем контракт с этим обществом, тем, что голодный народ взбунтовался в Париже и повесил всех членов правления этого товарищества на фонарных столбах.

Вслед за этим вспыхнула революция, давшая Франции Республику, первым распоряжением которой была отмена всех налогов на хлебные продукты, причем была объявлена свободная торговля хлебом. Несмотря на это, цены на хлеб не были равномерно

## Название дисциплины

распределены во Франции. Так, например, хлеб в Париже стоил, несмотря на свободную торговлю, вдвое дороже, чем в северных департаментах, например в Нормандии. Причина крылась главным образом в неудовлетворительных путях сообщений, и только после урегулирования дорожного вопроса цена сделалась во Франции повсеместно равномерной.

На печеный хлеб цена устанавливалась во Франции правительством, для чего в начале прошлого столетия имелся при министерстве торговли и промышленности особый чиновник "le grand panetier", устанавливавший цены на хлеб во всех департаментах. Затем эта обязанность была возложена на городские муниципалитеты, а с 1825 года – на префектов полиции, которые назначали для этого особую комиссию при участии булочного цеха. Согласно существовавшему тогда положению пекари обязаны были продавать хлеб по утвержденной префектом цене, но за то они пользовались известной монополией, т.е. без согласия булочного цеха никто не мог открыть булочной. Число булочных исчислялось в городах по одной на 180 жителей.

Чтобы урегулировать еще более цены на хлеб и облегчить покупку зерна и муки булочникам, Наполеон III учредил особый союз булочников, субсидированный правительством для того, чтобы в урожайные годы булочники могли бы по крайне низкой цене заготовить муку.

В 1863 году такса на хлеб была во Франции опять отменена, правительство сохранило за собой право регулировать цену в случае ненормального ее повышения, причем введена невысокая пошлина на ввозимый хлеб, которая в 1894 году была повышена.

В Англии хлебный вопрос также не был удовлетворительно решен без упорной борьбы. В 17-м столетии народу предписано было декретом Карла 1 употреблять для своей личной нужды ячмень и овес, пшеница предназначалась только для господ. Затем этот закон был отменен, и теперь все в Англии употребляют только пшеничный хлеб. Первоначально Англия довольствовалась собственным хлебом, но по мере развития в ней промышленности стали ввозить чужой хлеб, причем произошла ожесточенная борьба между землевладельцами и потребителями хлеба из-за ввозных пошлин на зерно, длившаяся несколько столетий.

В дореволюционной России главной отраслью было производство зерновых и продуктов их переработки. Непременной же составляющей производства зерновых являлись мельницы, концентрация которых, например, на Дону (36 паровых и вальцовых, мелкие ветряные не в счет) была самой плотной в России. Именно

## Название дисциплины

отсюда на экспорт отправлялось 59% всей российской пшеницы. К 90-м годам XIX века это вывело Донскую область на первое место в Империи по производству товарного хлеба (зерна).

Однако в начале XX века отечественные мукомолы натолкнулись на неожиданное противодействие отечественных чиновников. По данным ростовского исследователя Николая Бусленко, Министерство финансов империи занялось пересмотром действующего тарифа 1893 года на хлебные и мучные грузы: повышались ставки на муку на внутренних транспортных линиях, понижались тарифы на зерно в экспортном варианте. Южная мукомольная промышленность под влиянием тарифной схемы 1893 года, одинаковой для зерна и муки, развилась преимущественно в торгово-промышленных центрах, ближайших к местам произрастания зерна, что совершенно логично. Причем также логично то, что мукомолы стремились экспортировать не дешевое зерно, а продукцию с более высокой прибавочной стоимостью – муку. Собственно то, чего сегодня добиваются отечественные власти.

Но дисбаланс в экспортных тарифах зерна и муки делал невыгодной перевозку последней. Повышение ставок на 10% грозило разорением Азовско-Кавказскому мукомольному району. К тому же выгоднее стало возить зерно в места основного потребления и уже там строить небольшие мельницы для помола на месте.

Кто и кому дал взятку в тогдашнем Минфине, возглавляемом самим Сергеем Витте, непонятно. Но что дали – совершенно однозначно. Получилось так, как и должно было: зерно закупалось турками по дешевке в России, вывозилось за рубеж, где в Константинополе, Смирне, Каире и Александрии строились мельницы, перерабатывающие русское зерно и вытесняющие русскую муку с мировых рынков.

Ростовские мукомолы написали записку в Министерство финансов: «Для Азовско-Кавказского мукомольного района повышение мучного тарифа и снижение вывозного зернового тарифа окажутся губительными втрое: 1) установление повышенного тарифа на муку повлечет за собой усиленные постройки новых мельниц в России в местах потребления муки, следовательно, окончательно будет закрыт доступ муки Азовско-Кавказского района на внутренние русские рынки; 2) установление пониженного тарифа на экспортируемое за границу зерно повлечет за собой усиленные постройки новых иностранных мельниц у русских границ (у берегов Черного и Средиземного морей и архипелага) для помола русского зерна и снабжения европейских иностранных рынков русской мукой, следовательно, окончательно будет закрыт

экспорт муки Азовско-Кавказского помола даже за границу; 3) от понижения вывозного тарифа на зерно выиграют частью сельские хозяева, частью хлеботорговцы, но отнюдь не мукомолы нашего района. Следовательно, иностранцы – мукомолы Константинополя, Смирны, Александрии и т.п. будут получать из портов Азовского и Черного морей, благодаря удешевленным вывозным зерновым тарифам других дорог, русское зерно дешевле, чем, например, ростовские мукомолы зерно со станций Владикавказской ж.д.

При таком положении дела мы в ближайшее время будем ожидать, что, например, турецкая мука будет в Ростове конкурировать с ростовской мукой. Нет никакого сомнения, что ростовская мукомольная промышленность, занимающая ныне одно из видных мест в России, при новых тарифах будет окончательно убита».

В результате этой глупости или умышленной диверсии Россия в начале XX века сократила экспорт муки до 2,5 млн. пудов. Нечто подобное и сегодня можно наблюдать в нашей сырьевой экономике. Привыкла Россия резать куриц, несущих золотые яйца.

## 2.2. Надежность машин

Современные предприятия для переработки зерна состоят из линий, включающих множество взаимодействующих машин, механизмов и приборов. Количество деталей, из которых изготавливаются эти машины, может достигать десятков тысяч.

Отказ в работе хотя бы одного ответственного элемента сложной системы без резервирования может привести к нарушению работы всей системы, к браку изделий, простоя оборудования, к аварии, связанной с опасностью для человеческой жизни.

В 1965 г. в США произошла исключительная по масштабам авария, оставившая огромную часть территории страны с населением 40 млн. человек без света, электрической энергии и электротранспорта на 10 ч. Причиной аварии был выход из строя одного реле на распределительном щите одной из гидроэлектростанций.

Повышение надежности машин является важнейшей народнохозяйственной задачей. На восстановление работоспособности – ремонт действующего парка машин – по ряду групп оборудования ежегодно расходуются средства, больше стоимости выпуска

новой продукции. При недостаточной долговечности машины изготавливают в большем, чем нужно, количестве, что ведет к перерасходу металла, излишкам производственных мощностей, завышению расходов на ремонт и эксплуатацию.

### **2.2.1. Основные понятия теории надежности**

Объектами в теории надежности являются:

изделие – это единица продукции, выпускаемая данным предприятием, цехом и т.д., например, подшипник, ремень, станок, автомобиль;

элемент – простейшая при данном рассмотрении неделимая составная часть объекта;

система – совокупность совместно действующих элементов, предназначенная для самостоятельного выполнения заданных функций.

Понятия элемента и системы трансформируются в зависимости от поставленной задачи. Машина при установлении ее собственной надежности рассматривается как система, состоящая из отдельных элементов – механизмов, узлов и т.д., а при изучении надежности автоматической линии – как элемент.

Базовым понятием теории надежности является отказ. Это событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

Событие, состоящее в нарушении исправности, но сохранении работоспособности, называют повреждением.

Различают три вида событий: достоверное, невозможное и случайное. Достоверное событие обязательно произойдет (подброшенная монета упадет на пол). Невозможное событие никогда не произойдет (подброшенная рукой монета не зависнет в воздухе). Случайное событие может произойти или не произойти (при бросании монеты выпал "орел" или "решка").

Результатом любого события является некоторый количественный показатель – случайная величина, значение которой невозможно достоверно предугадать (например, количество отказов машины за год, время работы машины до отказа). Конкретное значение случайной величины называется реализацией. При повторении опыта ее значение изменяется случайным образом. Однако среднее значение случайной величины при возрастании числа опытов меняется всё меньше, приобретая характер закономерности. В этом проявляется закон больших чисел, открытый И.Д.Чебышевым.

Каждое событие количественно оценивается некоторым



числом, принимающим значения в диапазоне от 0 до 1, называемым вероятностью события. Это численная мера возможности появления какого-то конкретного события в результате эксперимента. Вероятность достоверного события равна 1, невозможного – 0, случайного – положительное число между 0 и 1.

Сбой – самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности изделия. Сбои вызываются появлением помех в линиях коммуникации, пневмопроводах и т.п.

Причины, вызывающие отказы оборудования, подразделяют на объективные и субъективные. К группе субъективных факторов относят конструкционные, производственные и эксплуатационные, а группе объективных факторов – внутренние и внешние дестабилизирующие воздействия.

Конструкционные отказы обусловлены ошибками при проектировании оборудования: нарушение требований стандартов, занижение запаса прочности, недостаточная проработка конструкций узлов и т.д.

Производственные отказы вызваны нарушениями технологии изготовления, применением некондиционных материалов, недо–статочным контролем качества изделий и т. д.

Конструкционные и производственные отказы обычно выявляются в начальный период эксплуатации. Они могут быть обнаружены в процессе испытаний в заводских условиях.

Эксплуатационные отказы возникают из-за нарушений установленных для конкретного оборудования условий эксплуатации, низкой квалификации персонала, естественного старения и т. п. Эти отказы проявляются в течение всего срока службы оборудования.

На рис.2.2.1 дана примерная классификация факторов, приводящих к отказам оборудования.



Рис.2.2.1. Классификация причин отказов машин

Названные причины неравнозначно влияют на надежность машин. Для конкретных видов оборудования и условий эксплуатации обнаруживаются некоторые группы факторов, действие которых оказывается доминирующим.

По характеру проявления все отказы делят на внезапные и постепенные.

Внезапные отказы характеризуются резким, скачкообразным ухудшением качества работы оборудования под воздействием внутренних дефектов, нарушений режимов работы или ошибок обслуживающего персонала. Обычно появлению внезапных отказов предшествуют скрытые изменения свойств или пиковые механические перегрузки, которые не всегда удается обнаружить.

Постепенные отказы характеризуются медленным изменением свойств элементов оборудования и связей между ними. Они являются следствием старения, износа, накопления усталостных повреждений и изменений пара-метров рабочего процесса.

Совокупность отказов, следующих один за другим, называют потоком отказов.

Интенсивность внезапных и постепенных отказов, а следовательно, и суммарная их интенсивность, зависят от продолжи-

тельности эксплуатации изделия. Установлено, что для всех видов техники эта зависимость имеет три участка, характеризующих общую закономерность появления отказов (рис.2.2.2).

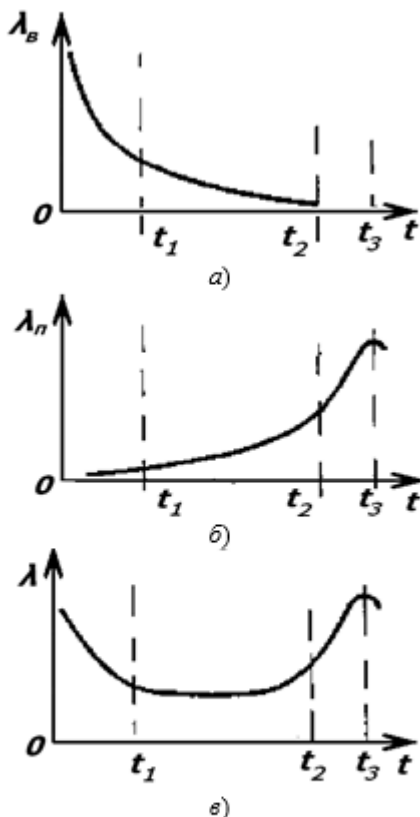


Рис.2.2.2. Изменение интенсивности внезапных (а), постепенных (б) и суммарных (в) отказов при эксплуатации

Участок  $0-t_1$  называют периодом приработки. В это время проявляются конструктивные и технологические отказы внезапного характера, а постепенные – практически отсутствуют. За счет устранения дефектных элементов, мест некачественной сборки и по мере приработки деталей интенсивность отказов уменьшается и в конце периода снижается до некоторого наименьшего значения (см. рис.2.2.2, а).

Участок  $t_1-t_2$  называют периодом нормальной эксплуата-

ции. На этом интервале внезапные конструктивно-технологические отказы продолжают уменьшаться (см. рис.2.2.2, а), но одновременно возрастает доля постепенных отказов (см. рис.2.2.2, б). Суммарная интенсивность остается наименьшей и примерно одинаковой. Участок нормальной эксплуатации обычно в десятки раз продолжительнее периода приработки. На этом участке показатели надежности достаточно строго описываются экспоненциальным распределением случайных величин.

Участок  $t_2$ - $t_3$  называют периодом выработки. В это время преобладают постепенные отказы из-за износа и старения оборудования. Интенсивность отказов постепенно растет, причем темпы роста трудно прогнозировать. Начало этого участка и есть предельное состояние оборудования, после наступления которого машины нельзя использовать, а надо направлять в ремонт или на обслуживание. Заметить наступление этого периода крайне важно при контроле надёжности. В теории такой участок называют распределением с возрастающей функцией интенсивности отказов (ВФИ). Найти начало ВФИ – это главная задача при обработке результатов наблюдений.

Изделия, допускающие восстановление исправности (работоспособности) после повреждения (отказа), называют восстанавливаемыми или ремонтируемыми, а в противном случае – невосстанавливаемыми или неремонтируемыми. К первому виду относят всё сложное механическое оборудование, а ко второму – подшипники, шпонки, метизы, сита и т.п.).

Продолжительность работы оборудования, выраженная в часах, годах и т.п., или объем выполненной им работы, выраженный в каких-либо других единицах, называется наработкой, а календарная продолжительность – сроком службы.

Предельное состояние – это состояние изделия, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустранимого нарушения эксплуатационных свойств за установленные пределы, снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой. Признаки (критерии) предельного состояния устанавливаются нормативно-технической документацией на данное изделие. Оборудование, достигшее предельного состояния, направляют в утилизацию.

### 2.2.2. Показатели надёжности машин

Надежность определяют как свойство объекта (системы, изделия) выполнять заданные функции, сохраняя во времени

значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, техническому обслуживанию, хранения и транспортирования.

Вопросы надежности функционирования отдельных элементов и систем в целом регламентируются ГОСТами. Надежность является комплексным свойством, которое включает безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Безотказность – свойство машины непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение определенного времени или наработки.

Под наработкой понимается продолжительность работы машины, выраженная:

- для машин в целом – во времени (часах);
- для авиации – в часах налёта самолёта;
- для с/х техники – в гектарах условной пахоты или уборки;
- для двигателей – в моточасах и т.д.

Для оценки безотказности применяют следующие основные показатели:

- вероятность отказа;
- вероятность безотказной работы;
- точность вероятности отказов.

Вероятность отказа ( $R$ ) – вероятность того, что в заданном интервале наработки произойдет хотя бы один отказ, Вероятность отказа изменяется от 0 до 1.

Величина, обратная вероятности отказа, носит название вероятность безотказной работы ( $P$ ). Вероятность безотказной работы применяется от 1 до 0 (рис.2.2.3).

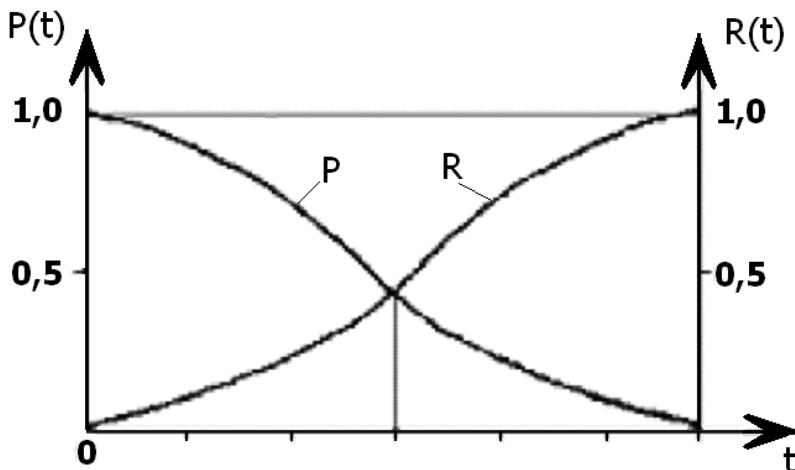


Рис.2.2.3. Изменение вероятности отказа ( $R$ ) и вероятности безотказной работы ( $P$ ) в зависимости от наработки

Плотность вероятности отказа – вероятность отказа за малую единицу времени или наработки при работе изделия без замены (рис.2.2.4).

$$f(l) = \frac{m(\Delta t_i)}{N \cdot \Delta t_i},$$

где  $m(\Delta t_i)$  – число отказов в течение интервала  $\Delta t_i$ ;  $\Delta t_i$  – длина  $i$ -го интервала наблюдения;  $N$  – число объектов, поставленных в эксплуатацию.

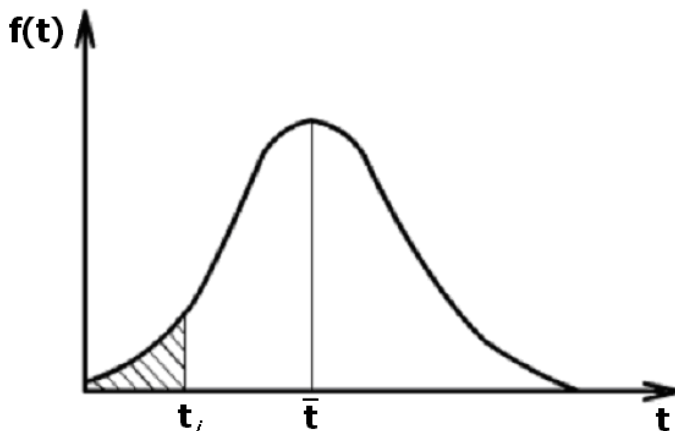


Рис. 2.2.4. Изменение плотности вероятности отказов  $f(t)$  в зависимости от наработки  $t$

Долговечность – свойство машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Предельное – это состояние машины, при котором ее дальнейшее использование должно быть прекращено из-за:

- неустранимого нарушения требований безопасности;
- неустранимого ухода заданных параметров за установленные пределы;
- неустранимого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой;
- необходимости проведения капитального ремонта.

Примечание: признаки (критерии) предельного состояния устанавливаются технической документацией на данный объект. Количественно долговечность оценивается:

- ресурсом;
- сроком службы;
- вероятностью достижения предельного состояния.

*Ресурс* – наработка машины от начала эксплуатации или ее возобновления после ремонта до предельного состояния. Различают ресурсы: средний, гарантийный, межремонтный, оптимальный, гамма-процентный.

*Средний ресурс* – это математическое ожидание ресурса:

$$T_p^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{pi}}{N},$$

где  $T_{pi}$  – ресурс  $i$ -го объекта;  $N$  – число объектов, поставленных в эксплуатацию.

*Гарантийный ресурс* – наработка машины, в пределах которой изготовитель гарантирует безотказную ее работу при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, в том числе правил хранения и транспортирования.

Новой технике гарантийный ресурс устанавливают заводы-изготовители, машинам, прошедшим ремонт, гарантийный ресурс устанавливают ремонтные предприятия.

В случаях преждевременного выхода из строя машины в целом или её элементов по конструктивно-производственным причинам эксплуатационные предприятия или владелец машины предъявляют в установленном порядке рекламации для возмещения материального ущерба, вызванного отказом тех или иных элементов машины. В течение гарантийного ресурса завод-изготовитель должен безвозмездно заменить отказавший элемент или машину в целом.

*Межремонтный ресурс* – наработка машины между двумя последовательными ремонтами. Он устанавливается на основе обобщения опыта эксплуатации машин данного типа.

*Назначенный ресурс* – суммарная наработка машины, при достижении которой эксплуатация должна быть прекращена независимо от её состояния.

*Оптимальный ресурс* – это экономически наиболее выгодный ресурс машины. Он определяется с учетом материального или морального износа.

Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации машины от начала её эксплуатации или возобновления после ремонта до наступления предельного состояния.

Наряду с ресурсом различают:

- средний срок службы,
- гарантийный срок службы,
- срок службы между ремонтами,
- срок службы до списания (назначенный срок службы),
- гамма-процентный ресурс.

Средний срок службы – статистическое ожидание срока службы. Статистическую оценку среднего срока службы определяют по формуле



$$T_{cc}^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{cci}}{N},$$

где  $T_{cci}$  – срок службы  $i$ -го объекта.

*Гамма-процентный срок* службы представляет собой календарную продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигает предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах. Для его расчета используют соотношение

$$P(T_{\bar{n}\bar{\gamma}}) = \int_{T_{\bar{n}\bar{\gamma}}}^{\infty} P(dT_{\bar{n}\bar{\gamma}}) dT_{\bar{n}\bar{\gamma}} = \frac{\gamma}{100}.$$

*Назначенный срок службы* – суммарная календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой применение объекта по назначению должно быть прекращено независимо от его технического состояния.

Под установленным сроком службы понимают технико-экономически обоснованный или заданный срок службы, обеспечиваемый конструкцией, технологией и эксплуатацией, в пределах которого объект не должен достигать предельного состояния.

Ремонтопригодность (эксплуатационная технологичность) – свойство машины, заключающееся в её приспособленности к предупреждению, выявлению и устранению отказов и неисправностей при проведении технического обслуживания и ремонта.

В теории надежности для изделий машиностроения чаще всего используют два показателя ремонтпригодности – среднее время восстановления и вероятность восстановления.

*Среднее время восстановления* – математическое ожидание времени восстановления объекта. Статистическую оценку этого параметра определяют по формуле

$$T_{\hat{a}}^{\bar{n}\bar{d}} = \frac{\sum_{k=l}^m T_{\hat{a}\hat{a}}}{m},$$

где  $T_{\hat{a}\hat{a}}$  – время восстановления  $k$ -го объекта;  $m$  – число отказов объекта за заданный срок испытаний или эксплуатации.

*Вероятность восстановления работоспособного состояния* – это вероятность того, что объект будет восстановлен в заданное время  $t$ .

$$P_a(t) = e^{-\lambda t},$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов.

Дополнительные показатели ремонтпригодности определяются двумя взаимосвязанными группами: конструктивно-производственными и эксплуатационными.

К конструктивно-производственным показателям относятся:

- доступность,
- контролепригодность,
- легкосъемность,
- взаимозаменяемость,
- унификация систем и агрегатов.

К эксплуатационным показателям относятся:

- формы организации технического обслуживания и ремонта,
- состояние производственно-технической базы,
- квалификация специалистов, производящих техническое обслуживание и ремонт,
- полнота удовлетворения требований в запасных частях,
- полнота и качество эксплуатационно-ремонтной документации.

Конструктивно-производственные показатели учитываются при создании машин, но требования к ним вырабатываются эксплуатационниками.

Следует отметить, что приспособленность машины к техническому обслуживанию и ремонту закладывается и обеспечивается в основном на этапах проектирования и производства. Именно здесь обеспечиваются необходимые эксплуатационные свойства машины.

Доступность к объекту обслуживания и ремонта характеризуется:

- удобством работы исполнителя при выполнении основных операций ТО и ремонта с минимальным объемом дополнительных работ. В зависимости от позы, которую вынужден принимать исполнитель при работе, значительно изменяется производительность его труда (от 100 до 30%);
- пригодностью объекта для выполнения целевых работ по техническому обслуживанию и ремонту с минимальным объемом дополнительных работ или вообще без них.

Доступность оценивается коэффициентом доступности  $K_d$  к объекту технического обслуживания и ремонта.

$$K_{д} = 1 - (T_{д} \tilde{m} / T_{осн} \tilde{m} + T_{д} \tilde{m}),$$

где  $T_{д}$  – трудоемкость дополнительных работ (чел/ч);  $T_{осн}$  – трудоемкость основной работы (чел/ч).

К дополнительным работам относятся такие работы, как снятие и установка крышек всевозможных люков, панелей, капотов, демонтаж и монтаж рядом установленного и не подлежащего ремонту оборудования и пр.

Основными работами считаются контрольные, регулировочные, смазочные, заправочные операции, демонтаж и монтаж подлежащих замене агрегатов.

Контролепригодность – приспособленность конструкции к проведению проверок теми или иными методами и средствами контроля. Это важный фактор, от которого зависит трудоемкость контроля и надежность конструкции. Контролепригодность оказывает существенное влияние на внедрение в практику новых, более эффективных методов выполнения технического обслуживания и ремонта.

Контролепригодность оценивается коэффициентом контролепригодности  $K_k$ , который определяется по формуле

$$K_k = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_r} T_j k_j}{\sum_{i=1}^{n_r} T_i k_i + \sum_{j=1}^{n_H} T_j k_j},$$

где  $T_i$  – трудоемкость разового контроля  $i$ -го агрегата, не требующего демонтажа с машины (чел/ч);  $T_j$  – трудоемкость разового контроля  $j$ -го агрегата, требующего обязательного демонтажа с машины, включая трудоемкость его демонтажа и монтажа (чел/ч);  $n_r, n_H$  – число агрегатов в системе (на машине) соответственно, требующих и не требующих обязательного демонтажа для контроля;  $K_i, K_j$  – частота контроля агрегатов в течение межремонтного ресурса машины соответственно, не требующих и требующих демонтажа.

Лёгкость – пригодность машины к замене ее деталей с минимальными затратами времени и труда.

Не следует смешивать легкодоступность с доступностью. Деталь может быть доступна, но замена ее при эксплуатации может быть затруднена.

Легкосъемность агрегатов и элементов машин для переработки зерна оценивается коэффициентом легкосъемности  $K_{\dot{\epsilon}}$ :

$$K_{\dot{\epsilon}} = 1 - \frac{\Delta T_{\ddot{a}\ddot{i}}}{T_{\ddot{a}\ddot{i}}},$$

где  $T_{\text{дм}}$  – трудоемкость демонтажно-монтажных работ рассматриваемого агрегата (машины), (чел/ч);  $\Delta T_{\ddot{a}\ddot{i}}$  – отклонение трудоемкости демонтажно-монтажных работ рассматриваемого агрегата (машины) в сравнении с базовым показателем (чел/ч).

За базовый показатель в данном случае принимается показатель легкосъемности, заданный в требованиях.

Взаимозаменяемость – свойство, при котором из множества деталей (изделий) можно без выбора взять любую и без подгонки установить на машину (подшипники, валы, вкладыши и т.д.). Чем меньше объем подгоночных работ при замене изделий и деталей, тем выше степень их взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемость оценивается коэффициентом взаимозаменяемости

$$K_{\dot{a}} = 1 - \frac{T_{\dot{i}\dot{a}\ddot{a}}}{T_{\dot{i}\dot{a}\ddot{a}} + T_{\ddot{a}\ddot{i}}},$$

где  $T_{\text{подг}}$  – трудоемкость подгоночных или подстроечных работ при замене элемента конструкции (чел/ч).

Унификация – приведение к единообразию деталей, узлов и агрегатов различных машин. Увеличение количества одних и тех же изделий на разнотипных машинах намного упрощает и удешевляет техническое обслуживание и ремонт, уменьшает номенклатуру запчастей на складах предприятий, сокращает количество видов потребной контрольно-измерительной аппаратуры.

Следует отметить, что вышеописанные коэффициенты  $K_{\dot{d}}$ ,  $K_{\dot{k}}$ ,  $K_{\dot{l}}$  и  $K_{\dot{v}}$  выражаются в виде безразмерных величин, изменяющихся в пределах от нуля до единицы. Считается, что конструкция полностью отвечает предъявленному к ней требованиям в отношении того или иного ее свойства, если коэффициент, характеризующий это свойство, равен или близок к единице.

Эксплуатационные показатели ремонтпригодности. Они отражают вопросы организации технического обслуживания и ремонта машин в эксплуатации.

Ремонт может выполняться методом комплексных бригад, методом универсальных бригад, агрегатно-участковым методом и

Название дисциплины

другими методами. Выбор метода зависит от множества факторов: типа машины, состояния базы, технического состояния ремонтируемых объектов.

Состояние производственно-технической базы. Это показатель характеризует тип предприятия, его размеры, количество прикрепленных к предприятию машин, оснащенность контрольно-измерительным оборудованием, оборудованием для проведения ТО и ремонта и т.п. От состояния производственно-технической базы зависит производительность труда и трудоемкость ТО.

Квалификация специалистов, занимающихся ТО и ремонтом. Этот фактор характеризует уровень подготовленности специалистов к проведению ТО и ремонта машин. От уровня квалификации ремонтного персонала зависит качество выполнения работ, величина трудоемкости, затрачиваемая на ТО и ремонт, и, в конечном итоге, себестоимость ТО и ремонта.

Полнота удовлетворения требований в запасных частях. Это степень удовлетворения потребности в запасных частях на данном предприятии. От этого показателя зависит качество ТО и ремонта. Хорошо отремонтировать машину можно только при наличии необходимой номенклатуры запасных частей требуемого качества.

Полнота и качество эксплуатационно-ремонтной документации. Этот фактор отражает степень обеспеченности ремонтного персонала и эксплуатационников необходимой документацией. Для эксплуатационников – это правила эксплуатации машины, для ремонтников – технологические карты на разборочно-сборочные, регулировочные и ремонтные работы каждого узла, агрегата и машины в целом.

Сохраняемость – это свойство машины сохранять исправное и работоспособное состояние в течение срока хранения и после, а также при транспортировании.

К основным показателям сохраняемости относятся:

- средний срок сохраняемости;
- гамма-процентный срок сохраняемости;
- назначенный срок хранения;
- установленный срок хранения.

Средний срок сохраняемости – календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования объекта, в течение и после которой показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности объекта не выйдут за установленные пределы с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

Как и гамма-процентный ресурс, значение гамма-

процентного срока сохраняемости определяют, используя выражение

$$P(T_{c\gamma}) = \int_{T_{c\gamma}}^{\infty} P(T_c) dT_c = \frac{\gamma}{100}.$$

Назначенный срок хранения – календарная продолжительность хранения в заданных условиях, по истечении которой применение объекта по назначению не допускается независимо от его технического состояния.

Под установленным сроком сохраняемости понимают технико-экономически обоснованный срок хранения, обеспечиваемый конструкцией и эксплуатацией, в пределах которого показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности объекта сохраняются теми же, какими они были у объекта до начала его хранения и (или) транспортирования.

Комплексные показатели надежности. К ним относятся:

- коэффициент готовности;
- коэффициент технического использования;
- коэффициент оперативной готовности.

Коэффициент готовности ( $K_g$ ) – вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

По коэффициенту готовности судят о надежности объекта на определенном интервале эксплуатации, поэтому при нормировании этого показателя необходимо в нормативно-технической документации указывать интервал эксплуатации объекта, на котором следует оценивать  $K_g$ .

Среднее статистическое значение  $K_g$  определяют по формуле

$$K_{\bar{a}} = \frac{T_{\hat{i}}^{\bar{n}\bar{d}}}{T_{\hat{i}}^{\bar{n}\bar{d}} + T_{\hat{a}}^{\bar{n}\bar{d}}},$$

где  $T_{\hat{i}}^{\bar{n}\bar{d}}$  – среднее время работы объекта до отказа;  $T_{\hat{a}}^{\bar{n}\bar{d}}$  – среднее время восстановления объекта после отказа.

Коэффициент технического использования – отношение математического ожидания наработки объекта за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий наработки, продолжительности технического обслуживания, плановых ремонтов и внеплановых восстановлений за тот же период эксплуатации.

Рассчитывается  $K_{т.и}$  по формуле

$$K_{д.э} = \frac{T_{\hat{i}}}{T_0 + \tau_{\infty} + \tau_p},$$

где  $T_0$  – продолжительность ТО;  $\tau_p$  – продолжительность текущего ремонта.

Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых переходов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, объект будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

Численное значение коэффициента оперативной готовности определяют из выражения

$$\hat{E}_{\hat{i}.\bar{a}} = \hat{E}_{\bar{a}} D(t_0, t_1),$$

где  $P(t_0, t_1)$  – вероятность безотказной работы объекта в интервале  $(t_0, t_1)$ ;  $t_0$  – момент времени, с которого возникает необходимость применения объекта по назначению;  $t_1$  – момент времени, когда применение объекта по назначению прекращается.

### 2.2.3. Законы распределения случайных величин, используемые при расчете надежности

Как было отмечено ранее, основным понятием в теории надежности является отказ. Поскольку отказ – это случайное событие, то для обработки данных об отказах любой машины используют математический аппарат обработки случайных величин.

Рассмотрим общие характеристики случайных величин.

1. Среднее арифметическое значение определяет такой показатель, как средняя наработка машины или его элемента на отказ, который определяется по формуле

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n},$$

где  $t_i$  – наработка  $i$ -й машины на отказ;  $n$  – число машин, взятых под наблюдение;  $\bar{t}$  – средняя наработка машины на отказ.

2. Размах. Понятие размаха в теории статистики использу-

ется в качестве меры рассеивания случайной величины

$$R_M = t_{\max} - t_{\min},$$

где  $t_{\max}$  – максимальное значение наработки на отказ;  $t_{\min}$  – минимальное значение наработки на отказ;  $R_M$  – размах.

3. Среднее квадратическое отклонение является также мерой рассеивания случайной величины. Среднее квадратическое отклонение наработки на отказ определяется:

$$\sigma(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1}}.$$

Используется также понятие дисперсии:

$$D(e) = \sigma^2.$$

Коэффициент вариации характеризует рассеивание случайной величины с учетом средней величины наработки. Коэффициент вариации определяется по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}}.$$

Различают случайные величины с малой вариацией ( $V \leq 0,1$ ), средней вариацией ( $0,1 < V \leq 0,33$ ) и большой вариацией ( $V > 0,33$ ).

*Вероятность* – одна из важнейших характеристик случайной величины. Вероятность – это численная мера степени объективно существующей возможности появления изучаемого события. Следует различать статистическую и теоретическую вероятности.

Статистическая (эмпирическая) вероятность – это величина, определенная на основе статистических данных, полученных при испытаниях.

Теоретическая вероятность – это величина, полученная на основе расчета значений статистической вероятности, но более обобщенная, которая может быть распространена на всю генеральную совокупность исследуемых объектов.

Статистическая вероятность появления отказа представляет собой отношение числа отказов к общему числу случаев:

$$R^C(t) = \frac{m(t)}{n},$$

где  $m(t)$  – число отказавших элементов (машин) к моменту наработки  $t$ .

Событие, противоположное вероятности отказа, носит



название статистическая вероятность безотказной работы:

$$D_c(t) = \frac{(n - m(t))}{n} = 1 - \frac{m(t)}{n}.$$

Плотность вероятности отказа – вероятность отказа за малую единицу наработки при работе элемента (машины) без замены:

$$f(t) = \frac{1}{n} \cdot \frac{dm}{dt} = P'(t),$$

$$\frac{dm}{dt}$$

где  $\frac{dm}{dt}$  – элементная вероятность, с которой в любой момент времени могут произойти отказы при работе машины без замены;  $P'(t)$  – производная от  $P(t)$ .

*Применительно к отказам машин*, где имеют место восстанавливаемые и невосстанавливаемые изделия, вводятся дополнительные показатели:

$\lambda$  – интенсивность отказов (для невосстанавливаемых изделий);

$\omega$  – параметр потока отказов (для восстанавливаемых изделий).

Примечание: невосстанавливаемыми называются изделия, работоспособность которых в случае возникновения отказа не подлежит восстановлению (например: стекла, лампочки и т.п.). Восстанавливаемыми называются изделия, работоспособность которых в случае возникновения отказа подлежит восстановлению методами профилактических операций или ремонта.

Интенсивность (опасность) отказов – это вероятность отказов неремонтируемого изделия в единицу времени или наработки после определенного момента времени или наработки при условии, что до этого момента отказов не было.

Интенсивность отказов определяется числом отказов в единицу времени, отнесенных к среднему числу элементов, исправно работающих в данный отрезок времени:

$$\lambda(t) = \frac{m(\Delta t_i)}{N(t) \cdot \Delta t_i} = \frac{f(t)}{R(t)},$$

где  $m(\Delta t_i)$  – число отказов в течение интервала  $\Delta t_i$ ;  
 $N(t)$  – число изделий, работоспособных к моменту  $t$ .

Примечание: плотность вероятности отказов отличается от

интенсивности отказов тем, что плотность подсчитывается с учётом выбывания отработавших элементов, а интенсивность не зависит от количества ранее отказавших элементов.

Параметр потока отказов – это совокупность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого изделия, определяемая для данного момента времени.

$$\omega(t) = \frac{m'(\Delta t_i)}{N(t) \cdot \Delta t_i},$$

где  $N$  – число восстанавливаемых объектов, находящихся под наблюдением;  $m'(\Delta t_i)$  – суммарное число отказов в интервале  $\Delta t_i$  (в общем случае  $m'(\Delta t_i) \neq m(\Delta t_i)$ , так как восстанавливаемые объекты могут отказать несколько раз без их замены).

Законы распределения случайной величины. Как известно, случайные величины подчиняются определённым законам. Типов распределения случайных величин довольно много. Каждый закон распределения случайной величины имеет свои характеристики распределения.

*Нормальное распределение.* Закон нормального распределения является основным в математической статистике. Он формируется тогда, когда на протяжении исследуемого процесса на его результат влияет сравнительно большое число независимых факторов, каждый из которых в отдельности оказывает лишь незначительное действие по сравнению с суммарным влиянием всех остальных (рис.2.2.5).

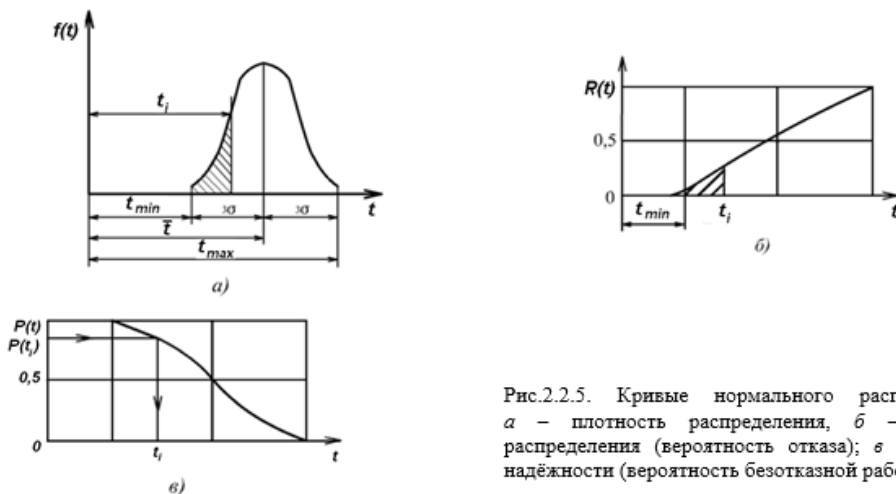


Рис.2.2.5. Кривые нормального распределения: *a* – плотность распределения, *б* – функция распределения (вероятность отказа); *в* – функция надёжности (вероятность безотказной работы)

Плотность распределения данного закона выражается соотношением

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}\right], \quad \bar{t} = M(t) = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n},$$

где  $M(t)$  – математическое ожидание.

Среднее квадратическое отклонение данного закона выражается

$$\sigma^2 = D(t) = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1},$$

где  $\bar{t}$ ,  $D(t)$  – соответственно среднее значение и дисперсия исследуемой величины.

Функция распределения (вероятность отказа) данного закона имеет вид

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}\right] dt.$$

Функция надёжности (вероятность безотказной работы)  $P(t)$  противоположна функции отказов:

$$R(t) = 1 - P(t).$$

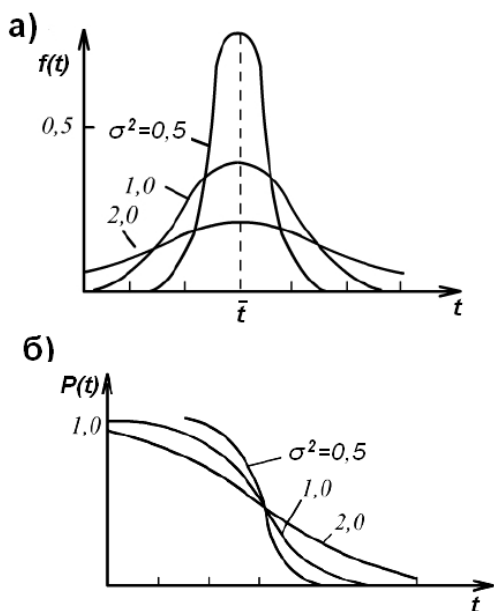
Примечание: для вычисления вероятности безотказной работы (для того чтобы каждый раз не вычислять интеграл при «ручных» расчетах) используют специальные таблицы. С этой целью для удобства расчётов вводится понятие квантиль нормированного нормального распределения.

*Квантилью  $U_p$  нормального распределения*, отвечающей вероятности  $P$ , называется число, удовлетворяющее уравнению

$$R_0(U_p) = P \quad \text{и} \quad U_{1-P} = -U_p.$$

Значения квантилей нормального распределения имеются в соответствующих таблицах.

Вид основных характеристик нормального распределения зависит от величины среднего квадратического отклонения (рис.2.2.6).



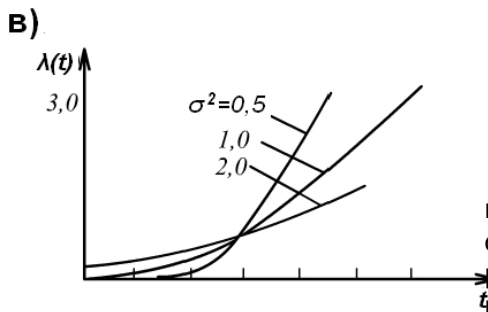


Рис.2.2.6. Основные характеристики нормального распределения при разных значениях среднего квадратического отклонения: а – плотность вероятности  $f(t)$ ; б – вероятность безотказной работы  $P(t)$ ; в – интенсивность отказов  $\lambda(t)$

Математическое ожидание на графике определяет положение петли, а среднее квадратическое отклонение – ширину петли (см. рис.2.2.6). Кривая плотности распределения тем острее и выше, чем меньше  $\sigma$ .

Нормальному распределению подчиняется наработка на отказ многих восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий, а также интенсивность отказов, ресурс и другие величины.

Нормальный закон довольно часто используется при решении задач технической эксплуатации машин. Помимо задачи оценки вероятности безотказной работы за данное время или за данную наработку встречается обратная задача – определение наработки, соответствующей заданной вероятности безотказной работы.

**ПРИМЕР:** определить вероятность безотказной работы в течение  $t=1,5 \cdot 10^3$  ч работы подшипника качения. Его ресурс по износу подчиняется нормальному закону с параметрами:  $t=1,5 \cdot 10^3$  ч;  $\sigma = 10^3$  ч.

Решение. Находим квантиль из выражения

$$u_p = \frac{t - \bar{t}}{\sigma} = \left| \frac{1,5 \cdot 10^3 - 3,5 \cdot 10^3}{10^3} \right| = |-2,0|.$$

По таблицам квантилей определяем, что при данном значе-

нии квантиля  $P(t)=0,9772$ .

Ответ:  $P(t)=0,9772$ .

*Экспоненциальное распределение.* Этот закон нашел широкое применение в технике. Основной отличительной чертой этого закона является то, что вероятность безотказной работы не зависит от того, сколько проработало изделие с начала эксплуатации. Закон не учитывает постепенного изменения параметров технического состояния, а рассматривает так называемые «нестареющие» элементы и их отказы. Как правило, этот закон описывает надежность работы изделия в период его нормальной эксплуатации, когда постепенные отказы ещё не проявляются и надежность характеризуется только внезапными отказами.

Эти отказы вызываются неблагоприятным сочетанием различных факторов и поэтому имеют постоянную интенсивность  $\lambda$ . Экспоненциальное распределение часто называют основным законом надежности.

Вероятность безотказной работы по этому закону определяется выражением

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt} = e^{-\lambda t},$$

где  $e = 2,71828$  – основание натурального логарифма;  $\lambda$  – интенсивность отказов (параметр распределения).

Если, что наиболее часто встречается,  $\lambda \leq 0,1$ , то формула вероятности безотказной работы упрощается и принимает вид  $P(t) \approx 1 - \lambda t$ .

Плотность распределения описывают соотношением вида

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} \lambda e^{-\lambda t}.$$

Вероятность отказа выражается зависимостью

$$R(t) = 1 - P(t) = 1 - \lambda e^{-\lambda t}.$$

Графическое изображение показателей экспоненциального распределения дано на рис.2.2.7.

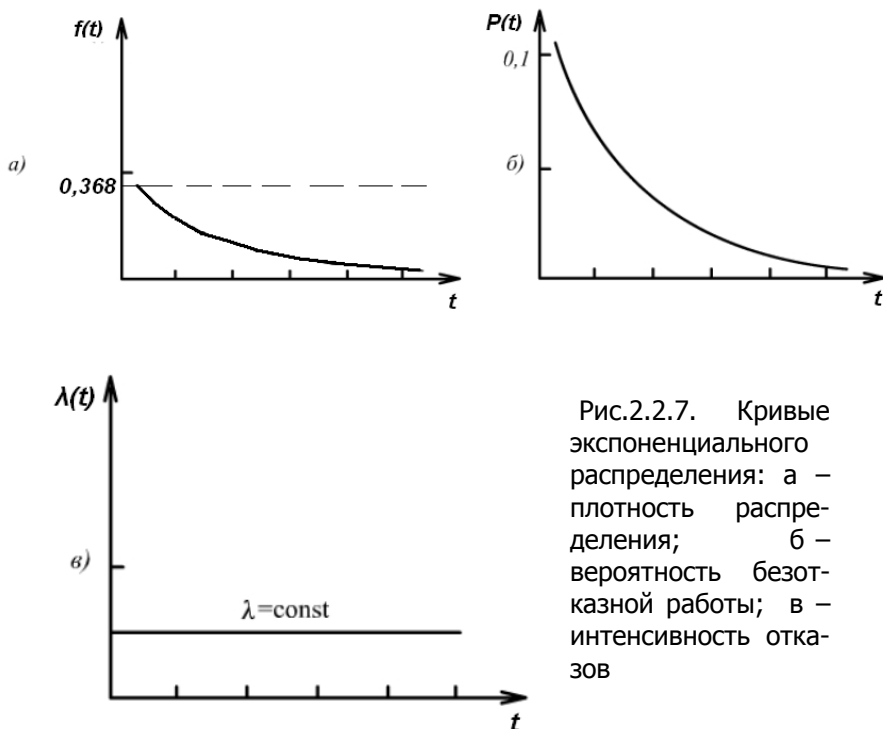


Рис.2.2.7. Кривые экспоненциального распределения: а – плотность распределения; б – вероятность безотказной работы; в – интенсивность отказов

Экспоненциальный закон распределения наиболее часто применяется в следующих ситуациях:

- описание внезапных отказов;
- описание времени безотказной работы разнообразных изделий, в том числе сложных технических систем, эксплуатируемых в период после приработки и до проявления постепенных отказов;
- решение проблем, связанных с обслуживанием сложных систем, в частности, при описании закона восстановления и при описании продолжительности ремонтных воздействий;
- описание времени безотказной работы системы с большим числом последовательно соединённых элементов, если каждый из элементов в отдельности не оказывает влияния на отказы системы и в ряде других случаев.

ПРИМЕР. Дано: наработка на отказ сложной технической системы подчиняется экспоненциальному закону распределения с

параметром  $\lambda = 15 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ . Определить вероятность безотказной работы системы за  $t=100$  ч, а также найти среднее значение наработки на отказ.

Решение. Вычислим вероятность безотказной работы.

$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - 15 \cdot 10^{-5} \cdot 100 = 0.985.$$

Среднее значение наработки на отказ найдем по формуле

$$M(t) = T_0 = \frac{1}{\lambda} = \frac{10^5}{15} \approx 6677 \text{ ч}$$

Таким образом, вероятность безотказной работы системы составляет 0,985, а среднее значение наработки на отказ – 6677 часов.

*Логарифмически нормальный закон* распределения встречается тогда, когда на протекание исследуемого процесса и его результат влияет сравнительно большое число случайных и взаимонезависимых факторов, интенсивность действия которых зависит от достигнутого случайной величиной состояния.

Логарифмически нормальное распределение является двух-параметрическим  $(t, \sigma)$  распределением случайной величины, логарифм которой распределен по нормальному закону. Как распределение оно несколько точнее, чем нормальное распределение.

Плотность распределения описывается зависимостью

$$f(t) = \begin{cases} \frac{0,4343}{\sigma \cdot t \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - a)^2}{2\sigma^2}\right] \\ 0 \text{ и } \text{д} \text{ } l < 0 \end{cases}$$

при  $t \geq 0$ .

Параметры  $a$  и  $\sigma$  оценивают по результатам испытаний с помощью формул:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N \ln t_i}{N}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{t}{N-t} \sum_{i=1}^N (\ln t_i - \bar{t})^2},$$

где  $t_i$  – наработка на отказ  $i$ -го изделия;  $N$  – число изделий, поставленных на испытание.

Функция распределения вероятности безотказной работы имеет вид



$$P(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\left(\frac{\ln t - a^2}{2\sigma^2}\right)\right] dt.$$

Математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение наработки на отказ соответственно равны:

$$M(t) = e^{a + \frac{\sigma^2}{2}}; \quad \sigma(t) = \sqrt{\exp(2a + \sigma^2) \exp(\sigma^2) - 1}.$$

Кривые логарифмически нормального распределения изображены на рис.2.2.8.

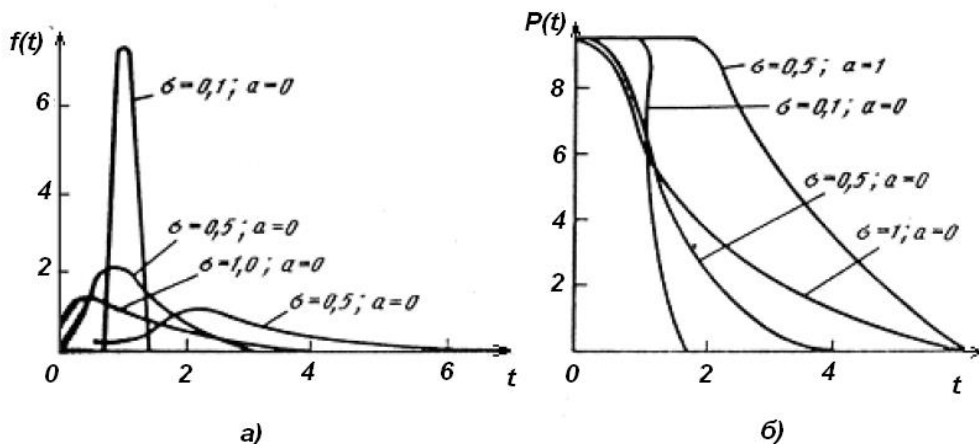


Рис.2.2.8. Кривые логарифмически нормального распределения при различных параметрах  $a$  и  $\sigma$ :

а – плотность вероятности  $f(t)$ ; б – вероятность безотказной работы  $P(t)$

Область применения. В теории надежности такое распределение используют:

- для описания наработки на отказ деталей в период наступления усталости материала;
- для описания процессов восстановления;
- для описания износовых отказов или наработки между отказами сложных технических систем.

При эксплуатации машин этот закон используется при описании процессов усталостных разрушений, коррозии, наработки до ослабления предварительной затяжки крепежных соединений и в ряде других случаев.

ПРИМЕР. Оценить вероятность безотказной работы вала

смесителя в течение  $t=10^3$  ч, если его наработка распределена по логарифмически нормальному закону с параметрами  $\ln t^0 = 11,51$ ,  $\sigma = 2,0$ .

Решение: находим квантиль из выражения

$$u_p = \left| \frac{\ln t - \ln t_0}{\sigma} \right| = \frac{\ln 10^3 - \ln t_0}{2} = \frac{6,91 - 11,51}{2} = -2,3.$$

По таблицам квантилей определяем:  $P(t) = \Phi(u^p) = 0,99$ .

Таким образом вероятность безотказной работы вала смесителя на данном отрезке времени равна 0,99.

*Распределение Вейбулла* проявляется в модели так называемого «слабого звена». Если система состоит из группы независимых элементов, отказ каждого из которых приводит к отказу всей системы, то вероятность его безотказной работы определяется законом Вейбулла (рис.2.2.9).

Распределение Вейбулла является универсальным, так как при изменении параметров оно в пределе может описывать практически любые процессы: нормального распределения, логарифмически нормального, экспоненциального и др.

Плотность распределения выражается зависимостью вида

$$f(t) = a\lambda t^{a-1} \exp[-\lambda t^a],$$

где  $a$  – параметр формы кривой распределения параметр масштаба.

Экспоненциальное распределение является частным случаем распределения Вейбулла при  $a=1$ .

Функция распределения (вероятность отказа) описывается соотношением

$$R(t) = 1 - \exp[-\lambda t^a].$$

Функция надежности (вероятность безотказной работы) – величина, обратная функции распределения:

$$P(t) = \exp[-\lambda t^a].$$

Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение соответственно равны:

$$M(t) = \frac{\tilde{A}(1 + \frac{1}{a})}{\lambda^{\frac{1}{2}}}; \quad \sigma(t) = \sqrt{\frac{\tilde{A}(1 + \frac{2}{a}) - \tilde{A}^2(1 + \frac{1}{a})}{\lambda^{\frac{2}{a}}}},$$

где  $\Gamma(a)$  – гамма-функция

Гамма-функция для непрерывной величины описывается интегралом:

$$\tilde{A}(1+a) = \int_0^{\infty} l^a \exp(-t) dl.$$

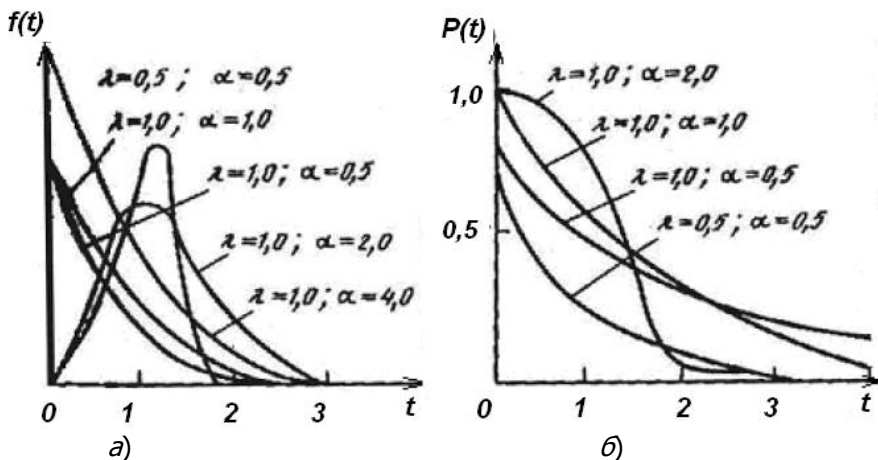


Рис.2.2.9. Кривые распределения Вейбулла при различных значениях параметров  $a$  и  $\lambda$ :

$a$  – плотность распределения;  $b$  – вероятность безотказной работы

Область применения. Распределение Вейбулла используется при описании:

- разбросов усталостной прочности стали; пределов её упругости;
- надежности сложных технических систем;
- для изучения разбросов в сроках службы радиоэлектронной аппаратуры и других процессов радиоэлектроники.

Примером использования распределения Вейбулла является разброс ресурса изделия, которое состоит из нескольких элементов, составляющих цепь: ресурс подшипников качения, регулирование тепловых зазоров.

Кроме перечисленных законов, при исследовании надёжности машин используются и другие законы распределения, такие как гамма-распределение Релея, Пуассона и другие, сведения о которых можно получить из специальной литературы.

#### **2.2.4. Сбор и обработка информации для экспериментальной оценки надежности машин**

При исследовании надежности оборудования существенное значение имеет первичная информация в виде наработок на отказ и времени восстановления для машин и их элементов. Обычно такую статистику накапливают инженеры производственных отделов. Они ведут учёт отказов оборудования. Сами они не занимаются обслуживанием. Их задача – вовремя заметить старение машины, накопление отказов и решить ее судьбу: отправить в ремонт, заменить новой или ограничиться техобслуживанием.

Обычно эта информация собирается в журналах, в которых описываются поломки и их причины. На сбор и обработку информации существуют нормативы. Существуют специальные формы первичных документов для сбора данных об отказах, положения по учёту и расследованию аварий и брака в работе оборудования.

Информация о надежности машин должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) полнота информации, под которой понимается наличие всех сведений, необходимых для проведения оценки и анализа надежности;
- 2) достоверность информации, т.е. все сообщения об отказах, должны быть точными;
- 3) своевременность информации, что позволяет быстрее устранять причины отказов и принимать меры по устранению выявленных недостатков;
- 4) непрерывность информации, что позволяет сопоставлять результаты расчетов, полученные в первый и последующий периоды эксплуатации, и избавляет от ошибок.

Качество исходного материала определяется его достоверностью и объёмом так, чтобы удовлетворить требованиям математической статистики к первичному материалу.

Все контролируемые машины и линии составляют генеральную совокупность большого объёма. Для оперативности следует отобрать для тщательных наблюдений так называемую репрезентативную выборку. Важно, чтобы она была представительной, чтобы её пропорции отражали пропорции генеральной совокупности. Обычно это составляет проблему, которую решают по правилам математической статистики.

Существуют различные методы определения минимального объема выборки. Представительность выборки обеспечивается:

- а) заданной доверительной вероятностью,
- б) точностью оценки.

## Название дисциплины

Для практических целей целесообразно использовать специальные таблицы или графики, где приведены уже расчетные объемы выборки (табл.2.2.1).

В большинстве случаев заданная точность при испытаниях колеблется в пределах 0,05 – 0,25, а доверительную вероятность принимают равной 0,90-0,95.

Таблица 2.2.1

Необходимое число испытываемых машин при распределении их ресурса по нормальному закону

Относительная точность	Коэффициент вариации			
	0,20	0,25	0,30	0,35
Доверительная вероятность 0,95				
0,05	61	96	140	190
0,10	18	26	34	47
0,15	11	13	18	23
0,20	6	8	11	14
0,25	5	6	8	10
Доверительная вероятность 0,90				
0,05	43	67	96	130
0,10	13	19	26	33
0,15	8	10	13	17
0,20	5	6	8	10
0,25	4	5	6	7

Наблюдения должны иметь достаточный объем. Минимальный объем наблюдений регламентируется ГОСТ 72.502-83. Согласно ему, объем зависит от выбранного плана наблюдений. Планы наблюдений устанавливает ГОСТ, он предусматривает шесть планов. Каждый план характеризуется параметрами, отражающимися в их названии (кодировка производится буквами):

U – изделие не заменяют и не восстанавливают;

R – отказавшее изделие заменяют новым;

M – отказавшее изделие ремонтируют;

N – если на первом месте, то это число изделий, за которыми ведётся наблюдение; если на третьем месте – число отказавших изделий;

г – число отказов, после которого наблюдение прекращают;

T – время наблюдения.

Например, планы обозначают так: NUN – наблюдается N изделий, отказавшие новыми не заменяют, наблюдения прекращают до N отказавших изделий;

NUR – наблюдается N изделий, отказавшие новыми не за-

меняют, наблюдения прекращают до  $r$  отказавших изделий.

Полученные данные обрабатывают, чтобы получить показатели надёжности.

Наиболее полно характеризуют изменение надёжности технических систем в процессе эксплуатации функции:  $\omega(t)$  – параметр потока отказов;  $\lambda(t)$  – интенсивность отказов.

Статистически функция  $\omega(t)$  определяется следующим образом:

$$\omega(t) = \frac{\Delta n_k}{N \Delta t}, \quad (k-1) \leq t \leq k \Delta t,$$

где  $N$  – общее число восстанавливаемых изделий, находящихся в эксплуатации;  $\Delta n_k$ , – число отказов, попавших в  $k$ -й интервал наблюдения длиной  $\Delta t$ .

Таким образом, функция  $\omega(t)$  является характеристикой восстанавливаемых в процессе эксплуатации элементов изделий, а функция  $\lambda(t)$  – характеристикой невосстанавливаемых элементов.

Основная информация об отказах машин должна содержать как минимум две величины:

- 1) наименование отказавшего элемента;
- 2) величина наработки, при которой произошел отказ.

Дополнительная информация (марка машины, ее возраст, характеристика условий эксплуатации и т.д.) предназначена для предварительной обработки информации, а именно разделения ее на группы и подгруппы в зависимости от поставленных целей.

Ниже приведена последовательность и технология обработки основной статистической информации об отказах.

1. *Предварительная обработка информации.* В задачи предварительной обработки входит систематизация отказов, исключение заведомо грубых погрешностей и неточностей, сортировка данных по возрастанию значений и получение вариационного ряда.

2. *Разбивка значений наработки на интервалы.* Обычно для определения ориентировочного числа интервалов ( $K$ ) используется зависимость

$$K = 1 + 3,2 \cdot \ln(n) \quad \text{или} \quad K \leq 5 \ln(n),$$

где  $n$  – объём выборки.

При определении количества интервалов рекомендуется ориентироваться на то, чтобы величина интервала  $\Delta x$  была удобной для расчёта, т.е. круглой цифрой.

В большинстве литературных источников рекомендуется

выбирать следующее число интервалов:

- при  $n \geq 100$                       –  $k \geq 15$ ;
- при  $50 \leq n \leq 100$             –  $11 \leq k \leq 15$ ;
- при  $n \leq 50$                         –  $k \geq 5$ .

3. *Определение числа отказавших элементов в каждом интервале*, среднее значение выборки, среднего квадратического отклонения, коэффициента вариации.

4. *Определение для каждого интервала значений соответствующих показателей*: статической плотности распределения и статической вероятности отказа.

5. *Построение статистических функций распределения и гистограммы*. Наиболее исчерпывающей характеристикой надежности изделия является функция распределения вероятности безотказной работы или функция распределения вероятности отказа. Эти функции часто называют эмпирическими (статическими). По результатам испытаний рассматривают последовательность независимых наблюдений (например, отказов изделия). Если последовательность результатов наблюдений (например, наработок на отказ изделия) расположить в порядке возрастания  $T_1 < T_2 \dots < T_n$ , то будет получен так называемый вариационный ряд длительности жизни изделия.

Построение статистической функции распределения выполняют путем суммирования отношения последовательно от одного участка к другому (рис.2.2.10).

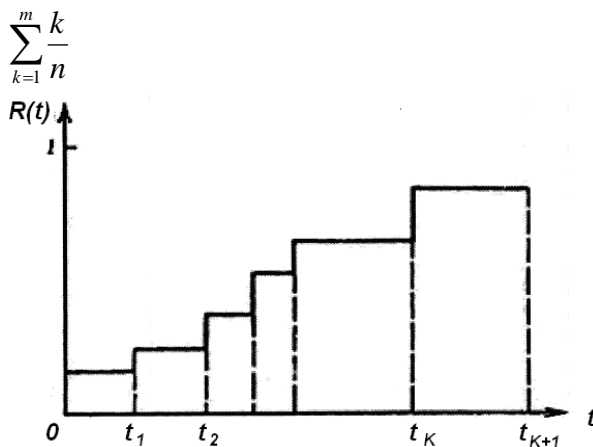


Рис.2.2.10. Статистическая функция вероятности распределения отказов

Оценку плотности вероятности отказов лучше всего производить, используя гистограмму. Гистограмма строится следующим образом: после разбивки наработки на интервалы в каждом из этих интервалов определяется статистическая плотность (количество отказов в интервале), и ее значения наносятся на график. Графическое изображение плотности вероятности отказов представлено на рис.2.2.11.

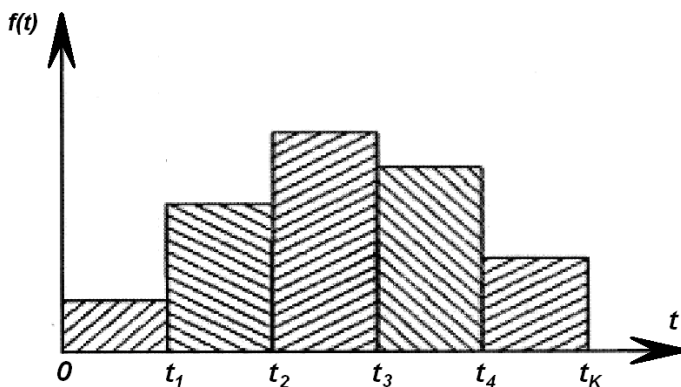


Рис.2.2.11. Гистограмма плотности вероятности для нормального распределения

6. Подбор внешнего вида теоретического распределения может осуществляться несколькими методами, но во всех случаях выдвигается так называемая нулевая гипотеза.

Нулевая гипотеза – это соответствие экспериментального распределения случайных величин одному из теоретических законов распределения.

1-й метод. Нулевую гипотезу можно принять на основе внешнего вида гистограммы. По внешнему виду гистограммы можно судить о законе распределения отказов. Для того чтобы эта оценка была более точна, необходимо, чтобы при построении гистограмм число интервалов было не менее пяти (лучше 8-12), а число реализаций (отказов), попадающих в ближайшие интервалы от среднего значения, – не менее десяти. В этом случае по внешнему виду гистограммы можно с достаточной точностью установить вид теоретического закона распределения.

ПРИМЕР: для нормального распределения плотность вероятности отказов распределяется равномерно (влево и вправо) от своего среднего значения с последующим убыванием. Количество отказов от  $-\sigma$  до  $+\sigma$  от среднего значения составляет 68,26%; в интервале от  $-3\sigma$  до  $+3\sigma$  – более 99,7% (рис 2.2.12). Если это



Название дисциплины

условие соблюдается, то в качестве нулевой гипотезы можно уверенно принять нормальное распределение.

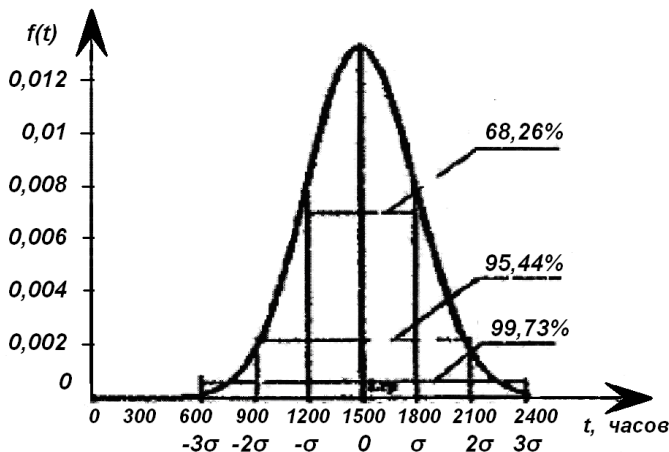


Рис.2.2.12. Нормальное распределение (правило трех сигм)

Примечание: если  $V < 0,33$ , то это экспоненциальное распределение (частный случай).

2-й метод. Нулевую гипотезу в первом приближении можно принять на основании коэффициента вариации статистического распределения, параметры которого указывают на один из теоретических законов распределения. Известно, что:

- при  $V=0,1 \div 0,33$  – случайные события (отказы) могут быть описаны нормальным законом распределения;
- при  $V=0,33 \div 0,5$  – логарифмически нормальным распределением;
- при  $V=0,65 \div 1,0$  – экспоненциальным распределением.

7. Расчет параметров теоретического распределения. Расчет производится по формулам выбранного в качестве нулевой гипотезы теоретического закона распределения.

8. Проверка правильности выбора закона распределения. Для проверки соответствия статистического (экспериментального) распределения отказов выбранному теоретическому закону распределения существует несколько методик. Наиболее распространенной является методика проверки с использованием критерия согласия Пирсона ( $\chi^2$ ) (хи квадрат):

где  $m_i$  – статистическая частота отказов;  $m_{it}$  – теоретическая частота отказов.

Для проверки правильности выбора нулевой гипотезы

необходимо сравнить расчетную величину критерия Пирсона с табличной, приведенной в специальных таблицах для расчета показателей надежности:

Если условие выполняется, то нулевая гипотеза принимается. В противном случае нужно уточнить нулевую гипотезу, т.е. принять гипотезу о распределении случайной величины по другому закону и повторить процедуру ее проверки. Подробности проверки нулевых гипотез изложены в специальной литературе. Имеются и специальные программы для ПК для решения таких задач.

9. Оценка параметров распределения. Статистические параметры распределения, такие как среднее значение, среднеквадратические отклонения и коэффициент вариации, рассчитанные на основе данных эксперимента, являются не совсем точными и требуют дополнительной оценки. Точность такой оценки может быть установлена с помощью точечных и интервальных оценок.

Точечная оценка выражается одним числом, т.е. характеризует одно из возможных значений случайной величины, обычно наиболее вероятное (определяется как среднее арифметическое).

Интервальная оценка – это область значений, где с определенной вероятностью может оказываться значение показателя надежности. Если оценивается случайная величина, например  $t$ , и ее граничные оценки равны  $L_h$  и  $L_b$ , то вероятность того, что случайная величина  $L$  примет значение между  $L_h$  и  $L_b$  или равна им ( $P(L_h \leq L \leq L_b) = \alpha$ ), называется двусторонней доверительной вероятностью, а область значений  $L_h \leq L \leq L_b$  – двусторонним доверительным интервалом (рис. 2.2.13).

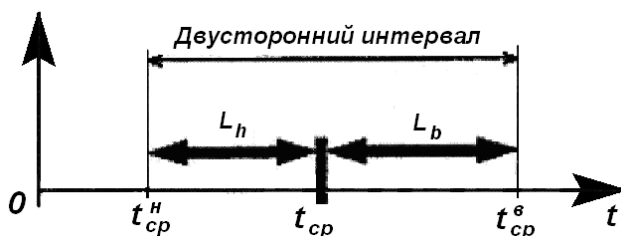


Рис.2.2.13. Доверительные интервалы оценки показателей надежности

Интервальная оценка выражается двумя числами, определяющими нижнюю и верхнюю границы интервала значений, в

пределах которой с заданной вероятностью ожидается появление случайной величины.

Для расчета величины интервальной оценки необходимо задать двустороннюю доверительную вероятность

По заданному значению  $\alpha$  определяют доверительный интервал  $E$ .

Для нормального закона распределения случайных величин доверительный интервал  $E$  в первом приближении определяется по формуле

где  $U_p$  – квантиль нормального распределения при заданной доверительной вероятности (имеются таблицы  $U_p$ );  $N$  – число объектов наблюдений.

Или

где  $t$  – коэффициент Стьюдента (определяется по специальным таблицам в зависимости от  $N$  и от заданной надежности ( $\gamma$ )).

10. Построение кривых теоретического распределения. Используя закон распределения отказов и его параметры, строят графики теоретического распределения.

### 2.2.5. Физические основы отказов деталей

Потеря работоспособности машины происходит:

- под воздействием окружающей среды, включая человека, исполняющего функции оператора;
- в результате взаимодействия элементов машины между собой в процессе работы (рабочие процессы);
- под воздействием потенциальной энергии, накопленной в материалах и деталях машины в процессе ее изготовления (внутренние напряжения в отливке, монтажные напряжения и т.д.);
- под воздействием разборочно-сборочных работ при ремонте машины.

При работе машины проявляются следующие основные виды энергии, влияющие на ее работоспособность: механическая, тепловая, химическая и электромагнитная.

Механическая энергия возникает в результате происходящих рабочих процессов, от воздействия сил инерции перемещающихся частей в кинематических парах. Она передается по всем звеньям машины в процессе ее работы и воздействует на элементы машины в виде статических и динамических нагрузок.

Тепловая энергия – это колебания температуры окружающей среды, температура, выделяемая в процессе работы механизмов машины.

Химическая энергия проявляется в виде коррозии или от воздействия обрабатываемых сред.

Электромагнитная энергия появляется в результате использования электромагнитных полей (например, электромагнитные семяочистительные машины) или пассивных полей от работающих электродвигателей.

Под воздействием различных видов энергии в машине в целом и в ее элементах возникают разрушительные процессы. Они приводят к изменению первоначальных свойств машины, что, в свою очередь, ведет к потере работоспособности машины.

Процессы, проявляющиеся при работе машин, классифицируются на обратимые и необратимые.

Обратимые процессы изменяют параметры элемента в некоторых пределах без тенденции прогрессивного ухудшения.

Необратимые процессы – это такие, которые приводят к прогрессивному ухудшению характеристик машины с течением времени. К ним относят изнашивание, коррозию, усталость, перераспределение внутренних напряжений, изменение структуры материала.

По скорости протекания процессы делятся на быстропротекающие, процессы средней скорости и медленные процессы.

Быстропротекающие процессы имеют периодичность изменения, измеряемую долями секунды. Сюда относятся вибрации узлов, изменение сил трения в подвижных соединениях, колебания рабочих нагрузок и другие процессы. Быстропротекающие процессы возникают при сложных физических взаимодействиях, которые имеют место при работе любой машины.

Процессы средней скорости связаны с периодом непрерывной работы машины. Их длительность измеряется в минутах или часах. Они приводят к монотонному изменению параметров машины. Это тепловые деформации, износ малостойких элементов.

Медленные процессы протекают в течение всего периода эксплуатации машины. Они длятся дни, месяцы, годы. К таким процессам относятся: износ подвижных элементов, перераспределение внутренних напряжений в деталях, ползучесть металлов, коррозия, старение, разрегулирование агрегатов и другие. Преобладающим процессом является износ.

Особенности медленных процессов: длительное время их

Название дисциплины

протекания, что позволяет их фиксировать, измерять, прогнозировать и устранять профилактическими мероприятиями и случайность скорости изменения процесса из-за зависимости от большого количества факторов. Это дает значительное рассеивание значений параметров.

Медленные процессы являются основными постоянно действующими причинами изменения технического состояния машины.

По физической сущности процессы подразделяются на:

- процессы, происходящие в теле детали;
- процессы, происходящие в поверхностном слое детали

(рис. 2.2.14).



Рис.2.2.14. Классификация процессов старения

Процессы, протекающие в теле детали, приводят к разрушению, деформации и изменению свойств материала.

Разрушение материала детали (его излом) относится, как

правило, к недопустимым видам повреждений. Разрушение материала детали может произойти:

- в результате возникновения недопустимых статических или динамических нагрузок (аварийные ситуации, тяжелые условия работы);
- при длительном действии переменных нагрузок, приводящих к усталостным разрушениям.

В первом случае – будут иметь место внезапные отказы, во втором – постепенные отказы.

Усталостное разрушение детали не всегда приводит к ее поломке. Возможно возникновение усталостных трещин, которые снижают работоспособность изделия. Представляет опасность возможность их быстрого роста, которая может привести к снижению несущей способности изделия.

Примеры: усталостная поломка валов, зубьев, шестерен, трубопроводов гидросистемы (вздутие и потом разрыв) и т.д.

Деформация детали. Деформация бывает двух видов: обратимая и необратимая. Деформация возникает от воздействия на деталь внешних и внутренних нагрузок. Особенно опасна необратимая деформация, которая растет во времени и приводит к постепенному изменению начальных параметров деталей. В случаях, когда требования к точности работы машины высоки, отказ наступает значительно раньше, чем будет исчерпана несущая способность детали.

Изменение свойств материала. Внутренние процессы могут привести к изменению механических, магнитных и других свойств материала.

Процессы старения в поверхностном слое детали. Они, в свою очередь, подразделяются на:

- процессы, происходящие в поверхностном слое неподвижной детали;
- процессы, происходящие в поверхностном слое подвижной детали.

К процессам, происходящим в поверхностном слое неподвижной детали, относятся:

- разъедание (коррозия, эрозия, кавитация, прогар);
- нарост.

Кавитация – процесс, когда в потоке жидкости при высокой турбулентности создаются пузырьки пара и газа с разрежением внутри них. При переходе в область с более высоким давлением происходит конденсация пара, и создаются условия для местного гидравлического удара. Гидравлический удар, происходящий при

Название дисциплины

захлопывании пузырьков, воздействует на очень маленькую площадь, и поэтому сила удара может быть столь значительной, что появляются глубокие каверны, которые могут сливаться и создавать кратеры или даже сквозные отверстия.

Кавитация наблюдается в гидронасосах, в гидротурбинах, трубопроводах.

Прогар характерен для деталей, работающих в условиях высоких температур и соприкасающихся с горячей струей газа (зерносушилки).

Типичный пример, полости зерносушилок, соприкасающихся с теплоносителем.

Нарост. Процессы наростообразования происходят при взаимодействии поверхности детали с окружающей средой. При этом детали претерпевают такие изменения, в результате которых происходит присоединение (нарост) материала, и поверхность изменяет свою форму и свойства.

Процессы, происходящие в поверхностном слое подвижной детали. К ним относится изнашивание. Оно относится к классу медленных процессов и является одним из основных постоянно действующих процессов, приводящих к нарушению работоспособности подвижных соединений.

Это основной вид разрушения в деталях многих машин, т.к. основную массу деталей, лимитирующих надежность машины, составляют именно подвижные соединения.

Изнашиванием называется процесс постепенного изменения размеров тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала, при этом может появляться и остаточная деформация.

Износ выражается в изменении размеров, формы, объема и веса сопряженных деталей.

Все виды изнашивания можно разделить на три основные группы: механическое, молекулярно-механическое (адгезионное), коррозионно-механическое изнашивание (рис.2.2.15).



## Рис.2.2.15. Классификация видов изнашивания деталей

Механическое изнашивание (абразивное изнашивание) возникает в результате режущего или царапающего действия твердых частиц, находящихся между поверхностями трения. Эти частицы, попавшие извне или отделившиеся от трущихся деталей, попадают в смазку между трущимися поверхностями и резко увеличивают их износ.

Примером механического изнашивания являются в основном открытые сопряжения.

Молекулярно-механическое изнашивание (адгезионное изнашивание) связано с возникновением в локальных зонах контакта поверхностей интенсивного молекулярного (адгезионного) взаимодействия, силы которого превосходят прочность связей материала поверхностных слоев с основным материалом.

Трущиеся поверхности сопряженных деталей могут иметь местные контакты из-за неровностей. В этих местах возможны разрывы масляной пленки и, зачастую, сильный нагрев. Затем происходит разрушение или отрыв слипшихся частиц друг от друга. При этом на одной поверхности образуется углубление, на другой – выступ, т.е. происходит перенос металла с одной детали на другую.

Этот вид износа относится к недопустимым видам по-вреждения, так как обладает высокой интенсивностью и приводит, как правило, к заеданию и отказу сопряжения. Такое изнашивание наблюдается в процессе приработки механизмов.

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при наличии на поверхности трения защитных пленок, образовавшихся в результате взаимодействия металла с кислородом.

Особенность коррозионно-механического износа при трении качения и скольжения заключается в том, что наличие больших деформаций в поверхностных слоях облегчает диффузию кислорода и его взаимодействие с металлом. Пластически деформированный и насыщенный кислородом слой становится хрупким и под воздействием циклических нагрузок быстро разрушается. Затем этот процесс охватывает следующие слои металла, и далее все повторяется.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.2



Трение – удивительный феномен природы! Оно подарило человечеству тепло и огонь, возможность в короткое время остановить скоростной поезд и автомобиль, ускорить химическую реакцию в сто тысяч раз, записать человеческий голос на пластинку, услышать звуки скрипки и многое другое.

1883 году знаменитый русский инженер и ученый Н. П. Петров писал: «Силу трения можно замечать всегда и повсюду, и ее надо поставить в ряду могущественнейших способов, при посредстве которых природа превращает один вид энергии в другой, мало-помалу заменяя их тепловыми. Эта сила обнаруживает свое влияние в самых разнообразных явлениях природы, возбуждая живой интерес ученых самых разнообразных направлений. Знание законов трения необходимо и астроному, и физику, и физиологу, и технику». Это высказывание одного из крупнейших инженеров конца XIX века необычайно ясно показывает исключительную важность трибологии – науки о трении и процессах, его сопровождающих.

Трение изучали Леонардо да Винчи и Ломоносов, Амонтон и Кулон, Петров и Эйлер, Менделеев и Рейнольдс и другие ученые. В наше время трение изучали академики Н.Е. Жуковский, Е.А. Чудаков, В.Д. Кузнецов, П.А. Ребиндер, проф. А.С. Ахматов, чл.-корр. АН СССР Б.В. Дерягин, проф. И.В. Крагельский, проф. М.М. Хрущев и др.

До настоящего времени трение во многих его аспектах остается загадкой. При трении (и только при трении) одновременно происходят механические, электрические, тепловые, вибрационные и химические процессы. Трение может упрочнить или разупрочнить металл, повысить или уменьшить в нем содержание углерода, насытить металл водородом или обезводородить его, превратить золото и платину в окислы, отполировать детали или сварить их. Трение является самоорганизующимся процессом, при котором с определенной последовательностью и весьма "разумно" протекают явления, направленные на разрушение поверхности или же, наоборот, на создание целой серии систем, снижающих износ и трение.

Сегодня с трением связана одна из самых острых проблем современности – износ машин и механизмов. Расходы на восстановление машин в результате износа огромны, причем ежегодно они увеличиваются. Удлинение срока службы машин и оборудования даже в небольшой степени равноценно вводу значительных новых производственных мощностей.

## Название дисциплины

Процесс трения может быть полезным и вредным – эту аксиому человек освоил еще на заре цивилизации. Ведь два самых главных изобретения: колесо и добывание огня – связаны именно со стремлением уменьшить и увеличить эффекты трения.

Доисторическая эпоха (до 3500 года до н.э.). Человек начал сталкиваться с проблемами, изучаемыми трибологией (наукой о трении), еще на заре своего существования, задолго до того, как он, пытливо вглядываясь в окружающий мир, стал использовать известные ему из повседневного опыта факты для того, чтобы облегчить свою жизнь. В борьбе за существование человек постепенно приобретает новые знания и умения – в том числе в области трибологии, объем которых медленно, но непрерывно увеличивается. Уже в эпоху палеолита человек научился добывать огонь трением, что впервые доставило ему возможность хоть в чем-то не зависеть от стихийных сил природы и тем окончательно отделило человека от животного мира. Это открытие и вызванная им важнейшая хозяйственная революция произвели на людей такое колоссальное впечатление, что его отголоски донесли до нашего времени. Получение огня при помощи трения осуществлялось у разных народов различными методами: высверливанием, высеканием. Они были основаны на том, что концом твердой палочки быстро терли (вращательно или поступательно) по небольшому участку поверхности куска дерева, обеспечивая frictionный разогрев легковоспламеняемого материала до температуры его возгорания. Высекая огонь ударами камня о камень (много позже – камня о железное кресало), человек также преобразовывал работу трения в теплоту, обеспечивающую воспламенение трута.

Дальнейшее неосознанное использование человеком еще не известных ему законов трибологии продолжалось в эпоху мезолита, а затем и неолита. Сверление применяли уже не только для добывания огня, но и для изготовления орудий. Между X и IV тысячелетиями до н. э. при перетаскивании тяжелых блоков использовали цилиндрические катки. Появились первые ручные мельницы – два отшлифованных камня, между которыми растирают зерна. Большую роль в дальнейшем прогрессе человечества сыграли приспособления, реализующие вращательное движение. Прежде всего – это гончарный круг (сначала – ручной, затем ножной), при помощи которого можно было производить глиняную посуду более правильной формы и с большей производительностью труда. Такое приспособление, появившееся на Древнем Востоке в конце IV – начале III тысячелетия до н. э., а в

Название дисциплины

Европе – в X—IX веке до н. э., требует использования подшипникового узла, обеспечивающего достаточно низкое трение. Строительство жилищ, снабженных дверью, потребовало создания дверных петель. Их заменяли выемками в деревянных или каменных порогах, в гнезда которых вставлялись прикрепленные к двери штыри. Деревянные пороги с такими гнездами были найдены в жилищах эпохи неолита в Центральной Европе, а каменные пороги с гнездами применялись в ассирийских деревнях 6—7 тыс. лет назад. 7 тысяч лет назад в Скандинавии появились лыжи, позволившие передвигаться по снегу с малыми потерями на трение.

В эпоху ранних цивилизаций уровень трибологических знаний растет, и это отражается на прогрессе техники. Более осознанное понимание преимущества трения качения перед трением скольжения при перемещении грузов приводит к изобретению колеса и созданию колесных экипажей, о чем свидетельствуют многочисленные археологические находки. В IV—III тысячелетиях до н. э. в Двуречье появились первые колесные повозки, а с начала III тысячелетия до н.э. появились даже специальные обозначения для грузовых и боевых повозок (рис.П2.1, П2.2).

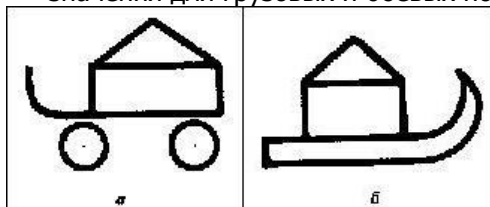


Рис. П2.1. Повозка (а) и сани (б) – пиктограммы из Урука, 3000 г. до н. э.

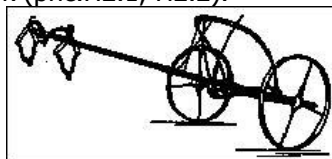


Рис. П2.2. Египетская колесница времени Нового царства, XV—XIV в. до н. э. Музей во Флоренции

Позднее (в начале I тысячелетия до н. э.) появляются блоки, ставшие важным элементом подъемных механизмов. Поистине шедевром античной технической мысли было использование возможностей трения качения по сравнению с трением скольжения при транспортировке гигантских колонн храма Артемиды Эфесской в VI веке д. н. э. Для того чтобы протащить их по заболоченной местности, архитектор Херсифрон просверлил в торцах колонн отверстия, вставил в них штыри, служащие осями колонн. Эти оси были установлены в подшипниках, представляющих собой металлические втулки, заделанные в деревянную раму, ставшую, таким образом, корпусом, в котором был смонтирован каток, т.е. колонна.

Название дисциплины

Существует несколько оставшихся изображений (рисунков) подшипников скольжения. Например, каменный карман для нижней оси двери храма (Ассирия, приблизительно 2500 лет д. н. э.) (рис.П2.3), колеса, ободы которых ошипованы медными гвоздями для уменьшения износа (рис.П2.4).

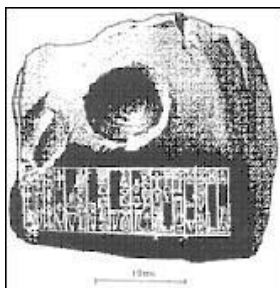


Рис.П2.3. Каменный карман для нижней оси двери храма

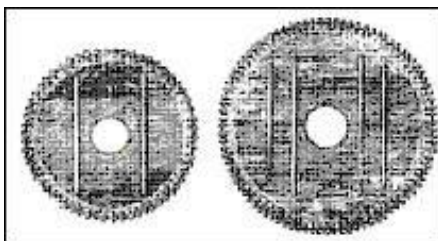


Рис.П2.4. Колеса, шипованные медными гвоздями

Греко-римская эпоха (900 г. д. н.э. – 400 н.э.) Александрийский механик Ктесибий (II—I вв. до н. э.) изобрел двухцилиндровый пожарный насос, который в принципе не отличается от современного насоса. Поршни этого насоса предварительно смазывались маслом. Величайший механик древности Архимед из Сиракуз (287-212 г. до н. э.) создал огромное количество машин с самыми разнообразными узлами трения. В частности, он изобрел винт, который быстро нашел применение в винтовых прессах для оливкового масла, создал винтовой насос, применяемый для ирригации полей и выкачивания воды из рудников и трюмов кораблей. Он создал большое количество военных машин, которые, несомненно, включали узлы трения самого различного назначения. Часть из этих узлов, прежде всего подшипниковых, скорее всего также смазывалась. Подшипники со сменными металлическими вкладышами широко применялись в Древней Греции и Риме в устройствах самого различного назначения. Еще раньше появилось представление о трибоэлектричестве: явление электризации янтаря при натирании его тканью описал один из семи мудрецов Эллады Фалес из Милета (около 625-547 г. до н. э.).

Следует иметь в виду, что великий Аристотель (384-322 г. до н. э.) знал о существовании трения как сопротивления среды относительному перемещению тел и отмечал, что оно много

## Название дисциплины

меньше для круглых катящихся тел, чем для плоских скользящих тел. В то же время Аристотель не отличал сопротивление движению тел, вызываемое их инерцией, от сопротивления, вызываемого собственно трением. Тело движется под действием постоянно действующей силы с постоянной скоростью. Сопротивление среды Аристотель считал зависящим от веса тела. При уменьшении веса скорость движения возрастает. То же самое происходит, если дорога становится более ровной. Несомненно, представления Аристотеля о сопротивлении среды перемещению тел оказали огромное влияние на всех последующих ученых вплоть до Галилея. Знаменитый римский инженер и архитектор Марк Витрувий Поллион (2-я половина I в. до н. э.) в трактате «Десять книг об архитектуре», созданном в промежутке между 22 и 14 г. до н. э. и в течение полутора тысячелетий бывшем настольной книгой инженеров многих поколений, описал деревянный роликовый подшипник, который использовался в стенобитных орудиях, применяемых еще во времена Александра Македонского. Ролики, по-видимому, вытачивались на токарном станке, а каждый элемент качения имел собственную ось, которая фиксировалась в корпусе подпятника. Первое систематическое описание зубчатых передач в машинах того времени также было сделано Витрувием. Любопытно, что Витрувий характеризует машину вообще как «сочетание соединенных вместе деревянных частей, обладающее огромными силами для передвижения тяжестей». В то же время, по его словам: «Ось изготавливается на токарном станке или, по крайней мере, делается круглой от руки, на ее концы надевают железные обручи; вокруг средней части установлен барабан, образованный подогнанными планками. Ось лежит на опорах, покрытых железом в местах, где они касаются оси».

Все применявшиеся тогда методы сводились к усовершенствованию конструкции подшипников скольжения и снижению сопротивления трения скольжения. Подшипники скольжения смазывались. Совершенствовались смазывающие свойства масел путем установления такой консистенции и адгезии, чтобы смазочный материал долгое время находился в зоне трения. Растительные масла имеют малую вязкость, и поэтому, стекая, они недолго смазывают зоны трения скольжения, кроме того, они быстро высыхают. В связи с этим их стали гущать и постепенно заменять животными жирами.

Существуют описания производства битума и легкого масла из сырой нефти. Для установки поршней в водяные насосы наносились тонкие масляные пленки для облегчения этого процесса.

Оси повозок смазывали также разного рода мазями из древесной смолы. Такие мази получали и из «выкипяченной» долгим нагреванием нефти. Это подтверждается результатами археологических исследований гробниц древних правителей, в которых на осях их колесниц найдены остатки смазки из животных жиров, сгущенных минеральными присадками. Температура плавления этих веществ около 50°C. В архивах имеется перечень растительных масел и животных жиров, использовавшихся для смазывания, составленный Плинием-старшим (23-73 гг. нашей эры).

Средневековая эпоха (400 г. н.э. – 1450 г.) В течение этого долгого периода времени едва ли произошли какие-либо усовершенствования элементов машин. Эта эпоха может характеризоваться как период стагнации.

Эпоха Возрождения (1450-1600 гг.) Талантливый человек во всем талантлив, но лишь немногие гении были гениальны во всем, что бы они ни делали, и, пожалуй, за всю историю человечества только один человек – Леонардо да Винчи (рис.П2.5) заслуживает звания абсолютно универсального гения. Как художник, скульптор и инженер он превосходил своих современников. Как ученый он обогнал свою эпоху на века.



Рис.П2.5. Леонардо да Винчи (1452-1519)

Новых смазочных материалов не создавалось, но Леонардо да Винчи обнаружил, что трение может быть уменьшено применением доступных растительных и животных масел. Сначала смазывание было разовым или периодическим, потом появились масляные ванны для смазывания колец.

Леонардо да Винчи занимался многими вопросами деталей машин, трения и износа. В процессе своих исследований он обнаружил, что существует соотношение между нагрузкой и силой трения. Он также определил первые законы сухого трения, суть которых в следующем:

- Сила трения прямо пропорциональна нагрузке.
- Сила трения не зависит от видимой (номинальной) площади контакта.
- Сила трения не зависит от скорости скольжения.

Применяя эти результаты, он установил:

- Преимущества качения перед скольжением.

## Название дисциплины

- Преимущества линейного/точечного контакта перед контактом по площади.
- Преимущества обеспечения расстояния между телами качения в подшипниках качения.

Вместе с практическими решениями, касающимися трения, появились первые научные работы по трибологии. Первые научные рассуждения на тему трения твердых тел обнаружены в записях Леонардо да Винчи, датируемых второй половиной XV в., в них много правильных утверждений, подкрепленных расчетами, например, указано на пропорциональность сопротивления трения нагрузке на трущиеся поверхности тел и на то, что тела с шероховатой поверхностью имеют большее сопротивление трения. Таким образом, закон, согласно которому сила трения прямо пропорциональна нагрузке, был открыт Леонардо да Винчи, считавшим, что коэффициент трения обычно равен 0,25.

Работы Леонардо да Винчи были забыты, и трением снова стали интересоваться в рамках развития других наук спустя почти два столетия.

В странах Западной Европы уже в XVI веке начались крупные социально-экономические преобразования. Капиталистический способ производства получал все большее распространение, что, естественно, стимулировало технический прогресс, повышение уровня технологических знаний. Появляются многие яркие изобретения, строятся крупные мануфактуры, оснащенные достаточно совершенными для своего времени станками. Инженеры нуждались в осмыслении имеющегося опыта, чтобы создавать новую, более совершенную технику. Крупные ученые, творившие в ту эпоху, в борьбе с отжившей схоластикой Средневековья, отстаивали эксперимент как путь познания истины.

Гениальный Галилео Галилей (1564-1642) уже на рубеже XVI-XVII веков закладывает основы опытного естествознания. Фрэнсис Бэкон (1561-1626) обосновывает необходимость познания мира через опыт, обобщение результатов опыта и проверку выводов на практике.

Следуя за Бэконом в решении практических проблем, ученые обратили внимание на трение. Так, один из крупнейших английских ученых XVII века Роберт Гук (1635-1703), анализируя работу зубчатых зацеплений, выдвинул требование, чтобы между зубьями не было трения (имеется в виду, по-видимому, трение скольжения). В 1694 г. французский физик и математик Филипп де ля Гир (1640-1718) как бы в ответ на это требование установил, что это можно обеспечить, если профиль зубьев построить

по эпициклоиде. Гуку же принадлежит конструкция узла трения, применяемого до сих пор и известного как универсальный шарнир Гука.

Великий Исаак Ньютон (1643-1727) непосредственно не занимался проблемами трибологии, но, изучая сопротивление вращению одного цилиндра относительно другого, концентричного ему, при заполненном жидкостью зазоре между ними, установил в 1668 г., что усилие, вызывающее вращение цилиндра и сдвиг в слое жидкости с постоянной скоростью, пропорционально площади сдвига и градиенту скорости сдвига по толщине зазора при постоянной температуре. Это соотношение, полученное Ньютоном, легло в основу теории гидродинамической смазки, которая была впервые создана в конце XIX века и продолжает развиваться.

В 1706 г. немецкий философ, математик и физик Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1736) заинтересовался природой трения. Со свойственной ему проницательностью он приходит к заключению, что коэффициент трения зависит и от природы трущихся тел, и от условий процесса (например, скольжение или качение тел). Тем самым он надолго опережает представления современников, хотя в принципе он не отрицает законов Амонтона.

Модель Леонардо да Винчи 1519 года, утверждающая, что сила трения, возникающая при контакте тела с поверхностью другого тела, пропорциональна нагрузке (силе прижима), направлена против направления движения и не зависит от площади контакта, была пересмотрена через 180 лет Г. Амонтоном и получила окончательную формулировку в работах Ш. О. Кулона (1781). Амонтон и Кулон ввели понятие коэффициента трения как отношения силы трения к нагрузке, придав ему значение физической константы, полностью определяющей силу трения для любой пары контактирующих материалов. До сих пор именно эта формула:

$$F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} \cdot P,$$

где  $P$  – сила прижатия, а  $F_{\text{тр}}$  – сила трения, является единственной формулой, фигурирующей в учебниках по физике, а значения коэффициента трения  $f_{\text{тр}}$  для различных материалов (сталь по стали, сталь по бронзе, чугун по коже и т.д.) входят в стандартные инженерные справочники и служат базой для традиционных технических расчетов.

75 лет технического прогресса (1850-1925 гг.). В XIX веке стало ясно, что закон Амонтона-Кулона не дает правильного описания силы трения, а коэффициенты трения отнюдь не являются универсальными характеристиками. Прежде всего было отмечено,



## Название дисциплины

что коэффициенты трения зависят не только от того, какие материалы контактируют, но и от того, насколько гладко обработаны контактирующие поверхности. Выяснилось также, что сила статического трения отличается от силы трения при движении. Чтобы напомнить, что обычно понимается под статическим трением, представим схему простейшего эксперимента. Будем пытаться сдвинуть тело с места, потянув за трос с пружинным динамометром. При малом перемещении конца троса тело остается на месте: силы, развиваемой пружиной динамометра, недостаточно. Обычно говорят, что на контактирующих поверхностях развивается сила трения, уравнивающая приложенную силу. Постепенно увеличиваем перемещение и вместе с ним упругую силу, приложенную к телу. В какой-то момент она оказывается достаточной для того, чтобы стронуть тело с места. Зарегистрированное в этот момент показание динамометра и называют обычно силой статического трения, характеризующего предельные возможности неподвижного (статического) сцепления тел. Если мы будем продолжать медленно вытягивать трос, то тело поедет по поверхности. Оказывается, что регистрируемые в ходе движения показания динамометра будут не такими, как в момент страгивания. Обычно сила трения при медленном движении меньше силы страгивания, статического трения. Кулон изучал именно силу трения при медленном взаимном перемещении контактирующих тел и установил, что эта сила не зависит от величины скорости, а только от направления движения (всегда направлена против движения).

Конец XIX века ознаменовался замечательными достижениями в исследовании вязкости, то есть трения в жидкостях. Наверное, с доисторических времен известно, что смазанные жиром или даже просто смоченные водой поверхности скользят значительно легче. Смазка трущихся поверхностей применялась с момента зарождения техники, но только О. Рейнольдс в 1886 году разработал первую и принципиально на то время новую теорию смазки.

Она заключалась в том, что при наличии достаточно толстого слоя смазки, обеспечивающего отсутствие непосредственного контакта трущихся поверхностей, сила трения определяется только свойствами (гидродинамикой) смазочного слоя. Сила статического трогания равна нулю, а с ростом скорости сила сопротивления движению увеличивается. Если же смазки недостаточно, то действуют все три механизма: сила статического сопротивления страгиванию с места, Кулонова сила и сила вязкого сопро-

тивления. И так, к концу XIX века выяснилась картина зависимости силы трения от скорости. Но уже на пороге XX века возникло сомнение в правильности этой картины при очень малых скоростях. В 1902 году Штрибек опубликовал данные, свидетельствующие о том, что при отсутствии смазки сила сопротивления не падает сразу с уровня силы трогания до кулоновой силы, а возникает постепенное падение силы с ростом скорости – эффект, противоположный гидродинамической вязкости. Этот факт был многократно перепроверен в дальнейшем и теперь обычно именуется Штрибек-эффектом. Картина зависимости силы трения от скорости приобрела форму, используемую до сегодняшнего дня.

Быстро развивавшаяся техника XX века требовала все большего внимания к исследованию трения. В 30-е годы исследования в области трения стали настолько интенсивными, что потребовалось выделить их как специальную науку – трибологию, лежащую на стыке механики, физики поверхностных явлений и химии (создание новых смазочных материалов – дело химиков). Только в США в этой области работают в настоящее время более 1000 исследователей, и в мировой науке ежегодно публикуется более 700 статей.

Эпоха трибологии – с 1925 года по настоящее время Этот период времени будет освещен очень кратко. Если попытаться оценить все важнейшие достижения за этот период времени, то объем материала выйдет за рамки, отведенные под исторический анализ развития науки о трении и изнашивании. Особенно внушительны достижения в области машиностроения (конструирование узлов трения), и они требуют отдельной главы или статьи.

Подшипники и зубчатые передачи получили дальнейшее развитие путем внедрения теоретических разработок в практику. Этот процесс происходил на основе оптимизации узлов трения, выбора материалов, обработки поверхностей и смазки. Как следствие, возросли ресурс и межремонтные периоды эксплуатации механизмов и оборудования.

Развитие триботехники в России. Триботехника, как и другие науки, непрерывно развивается. Этапы ее развития связаны с созданием корабельной техники, металлообрабатывающей промышленности, железнодорожного транспорта, автомобильной промышленности, авиации и космонавтики.

В России основы науки о трении и изнашивании были заложены в период организации Российской академии наук. Великий ученый М.В. Ломоносов сконструировал прибор для исследования сцепления между частицами тел "долгим стиранием", который

явился прототипом современных приборов для определения износостойкости материалов. М.В. Ломоносов является основоположником теории изнашивания материалов и экспериментальных исследований в этой области, он связал понятие о прочности с представлениями о силах связи между частицами. Занимаясь подбором материалов для опор часовых механизмов, М.В. Ломоносов указал на целесообразность применения для этой цели стекла.

## 2.3. Надёжность технологических линий

### 2.3.1. Показатели надёжности линий

В зернопереработке обычно машины входят в целую систему промышленных технологических линий; тогда надёжность линии (системы) зависит от надёжности входящих в нее машин. Для линии определяющим показателем является вероятность безотказной работы  $p(t)$ .

Надёжность линии зависит от способа соединения машин в технологический процесс (структура линии) и от надёжности каждой машины, входящей в неё. Машины в линии могут быть соединены последовательно, параллельно и последовательно-параллельно.

При последовательном соединении  $n$  элементов вероятность безотказной работы системы равна произведению вероятностей безотказной работы всех элементов:

$$p_c(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t)$$

где  $p_i(t)$  – вероятность безотказной работы и интенсивность отказов  $i$ -й машины.

При параллельном соединении  $m$  элементов вероятность безотказной работы

$$\delta_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^m [1 - p_j(t)]$$

то есть при параллельном соединении надёжность системы будет выше надёжности самого надёжного элемента. Поэтому параллельное включение дополнительной машины используется для эффективного резервирования системы.

Для смешанного соединения ( $n$  последовательных групп из  $m$  параллельных элементов) вероятность безотказной работы

$$\delta_c(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - \prod_{j=1}^m [1 - p_j(t)] \right\}.$$

При всей внешней простоте приведенных формул расчеты по ним очень сложны, поскольку помимо вероятности безотказной работы необходимо ещё определять время наработки на отказ всей линии, время восстановления и комплексные показатели надежности.

Кроме того, наработка на отказ каждого элемента, входящего в линию, является случайной величиной, описываемой определенным законом распределения. То же самое относится и ко времени восстановления. Получается, что при работе линии имеем два потока случайных величин: наработка на отказ и время восстановления.

Кроме того, из-за разной безотказности элементов появляется такая величина, как остаточный ресурс системы, поскольку отказавший элемент заменяется новым, а остальные дорабатывают свой ресурс.

Рассчитывать надежность линии при таких условиях можно только методом статистического моделирования (см. п.2.3.2-2.3.5). Система, базирующаяся на описанных принципах разработана в Донском государственном техническом университете.

### **2.3.2. Формализация метода статистического моделирования**

для оценки надежности линий

Метод прогнозирования надежности линии (системы) представляется следующими этапами:

1) осуществляется формализация машины в виде иерархической "функциональной схемы надежности", отражающей взаимосвязи моделей, имитирующих надежность отдельных частей машины;

2) строятся модели, имитирующие надежность машин в линии по результатам испытаний машин этого класса и анализа поведения аналогов;

3) производится имитация работы всей системы в целом, расчет показателей надежности для линии (системы), расчет её экономических показателей.

Построение имитационных моделей машин линии для пользователя максимально упрощено организацией диалога с ЭВМ. Процесс поиска показателей надежности для линии осуществля-

ется последовательным приближением.

### **2.3.3. Построение иерархической структурной схемы надежности системы**

Функциональной схемой надежности является иерархическое представление технологической схемы линии в виде последовательно- параллельного соединения моделей, имитирующих надежность отдельных ее частей.

Базовой структурой функциональной схемы является "элемент".

Элемент – это имитационная модель надежности детали, сборочной единицы или машины любого порядка, выступающая в виде неделимого источника возникновения отказов.

Последовательно-параллельное соединение элементов представляет собой "узел" сборочной единицы. Узлы функциональной схемы, как правило, соответствуют сборочной единице.

Последовательно-параллельное соединение машин дает функциональную (структурную) схему линии. Из описанного видно, что рассматриваемый метод полностью формализован.

Соединения элементов в узлы, узлов в агрегаты и агрегатов в СЕ представляет собой графическое изображение алгоритма расчета показателей надежности объекта в целом. Для упрощения этого алгоритма будем считать, что параллельное соединение возможно только на иерархическом уровне элементов. Если существует в принципиальной схеме параллельное соединение сборочных единиц более высокого уровня, то в функциональной схеме надежности они представляются обобщенными имитационными моделями, т.е. все равно элементами.

На основе функциональной схемы надежности разрабатывается идентификация элементов, узлов, агрегатов. Идентификатор, помимо принадлежности элемента, узла, агрегата, несет также информацию об алгоритме расчетов при моделировании, указывая на наличие параллельно работающих элементов. В рассматриваемом случае использован принцип унифицированной десятичной классификации.

Выбор элементов и формирование их имитационных моделей. Выбор элементов для формирования функциональной схемы является сложной неформализованной задачей, решаемой каждым исследователем на основе собственной эрудиции с учетом конкретных целей исследования и наличия исходной информа-

ции.

Имитационная модель элемента включает в себя три компонента:

- информационный компонент – отражает вид и параметры закона распределения наработки на отказ и времени восстановления элемента;

- процедурный компонент содержит алгоритмы получения случайных реализаций законов распределения времени наработки и восстановления элемента;

- оценочный компонент – описывает функцию изменения стоимости этой части объекта при заданных изменениях наработки на отказ. Применяется также для оценки последствий повышения надежности элементов системы (линии).

Для построения информационного компонента модели элемента из массива наработок на отказ и времени восстановления машины подбираются данные, относящиеся к рассматриваемому элементу. Для этой выборки по критерию  $\chi^2$  подбирают вид и параметры закона распределения из следующих возможных:

- нормальный закон распределения (Гаусса), обозначается Н;

- логарифмически-нормальный закон, обозначается Л;

- экспоненциальный закон распределения, обозначается Э;

- гамма-распределение, обозначается Г;

- распределение Вейбулла двухпараметрическое, обозначается В.

Процедурный компонент модели, осуществляющий генерирование наработок и времени восстановления, содержит датчик случайных чисел  $U$ , равномерно распределенных на отрезке  $[0, 1]$ .

Реализации  $X$  нормального закона распределения из равномерного получаются по уравнению:

$$X = [\sum U_{i-\sigma}] \cdot \sigma + a,$$

где  $a$  и  $\sigma$  – параметры закона распределения.

Реализации экспоненциального закона распределения с параметром  $X$  получают по зависимости

$$Z_i = \frac{1}{\lambda} \ln U_i.$$

Плотностью распределения будет

$$F(Z) = \lambda \cdot e^{-\lambda Z}.$$

Реализации гамма-распределения с параметром масштаба  $\lambda$  и параметром формы  $K$  получают по зависимости

$$t = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln} \prod_{i=1}^K U_i.$$

Реализации  $V$  в распределения Вейбулла с параметром масштаба  $a$  и параметром формы  $b$  получаются по зависимости

$$V = -a(\text{Ln } U_i) \frac{1}{b}.$$

Для построения оценочного компонента модели элемента исследовался характер зависимости стоимости от надежности различных сборочных единиц и комплектующих.

Анализ статистического материала позволил выделить три группы объектов, стоимость которых по-разному зависит от надежности.

*Первая группа.* Машины (сборочные единицы), у которых наработка на отказ пропорциональна стоимости конструкции. Характер зависимости для большинства элементов этой группы близок к прямой (рис.2.3.1).

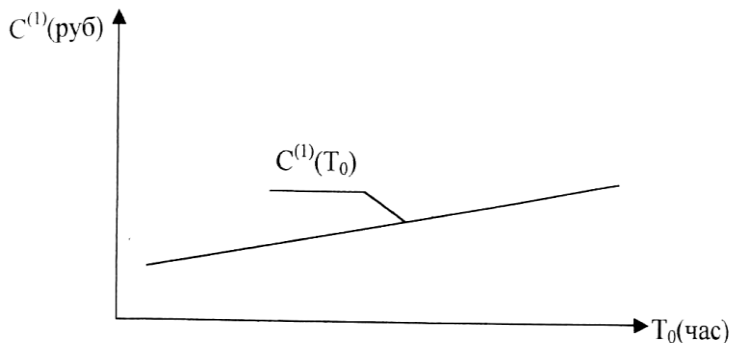


Рис.2.3.1. Зависимость стоимости замены элементов первой группы от наработки на отказ

Вторая группа – это объекты, у которых наработка на отказ  $T_0$  нарастает гораздо медленней, чем стоимость  $C(1)$ . Зависимость стоимости от надёжности носит восходящий характер (рис.2.3.2).

## Название дисциплины

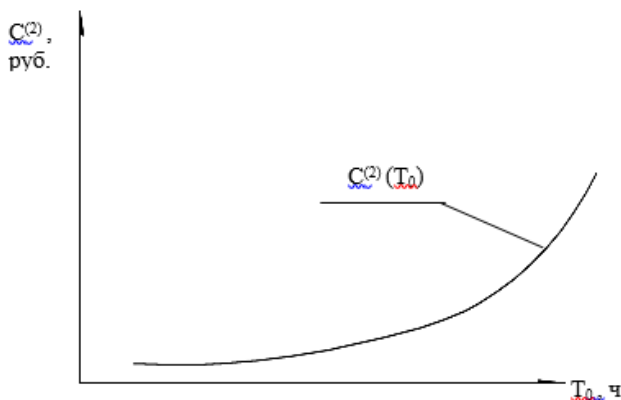


Рис.2.3.2. Зависимость стоимости замены элементов второй группы

Третья группа – объекты, наработка на отказ у которых нарастает быстрее, чем цена (рис.2.3.3).

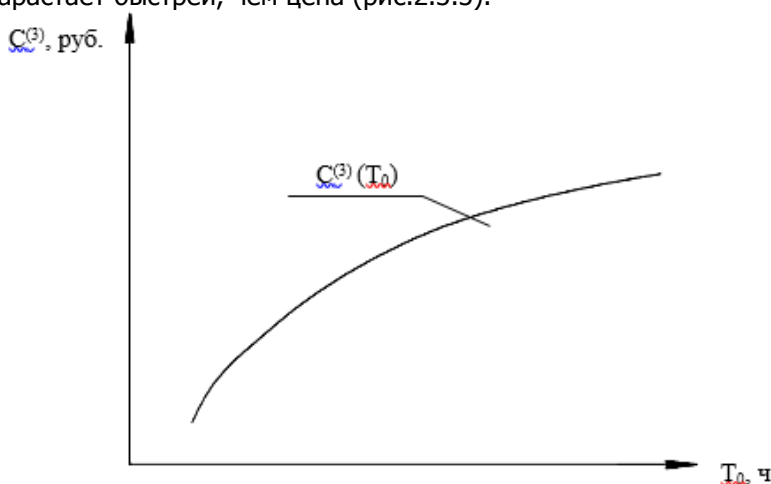


Рис.2.3.3. Зависимость стоимости замены элементов третьей группы

Это наиболее сложный этап разработки статистической модели, поскольку он должен реализовать схему взаимосвязи элементов. Количество элементов в системе и их соотношение определяются при ее структуризации. От правильной структуризации зависит точность полученных результатов и порядок расчетов.

В настоящее время разделение систем на составляющие элементы осуществляется эмпирически. Такой подход к структуризации может привести к серьезным ошибкам, значительно влияющим на точность моделирования.



Определим те принципы, которых необходимо придерживаться при составлении структурной схемы и расчете надежности линии. Для этой цели воспользуемся информационным подходом к анализу систем.

Число элементов в рассматриваемой системе конечно, а возможные состояния каждого элемента известны (работоспособное и неработоспособное). Состояние системы на основе этих данных можно охарактеризовать вектором, размерность которого есть число элементов системы, а его компоненты – состояние каждого из них. Тогда поведение системы можно описать путем указания всех состояний, принимаемых ею в процессе функционирования и распределения вероятностей, заданных на множестве всех состояний системы.

В качестве меры взаимного влияния или зависимости состояния элементов может служить количество передаваемой информации. Эта мера характеризует средний уровень статистической зависимости между состоянием каждого элемента и состоянием всех остальных в случае пересекающихся и непересекающихся совокупностей.

Если множества состояний всех элементов дискретны и конечны, то произведение вероятностей состояний, взятых по одному из каждого элемента и усредненным по всем возможным состояниям, можно записать в виде

$$J_c(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{\{x\}} p(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot J_c(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где

$$J_c(x_1, x_2, \dots, x_n) = \log \left\{ \frac{\dot{I} R(x_i, x_j) \dot{I} R(x_i, x_j, x_n, x_e)}{(\dot{I} R(x_i)) (\dot{I} R(x_i, x_j, x_k))} \right\};$$

$$i, j, k, l \in \{N\}, \bar{n},$$

причем

$$i < j < k < l < \dots \bar{n}.$$

Произведение  $PR(x_i x_j)$  вычисляется по всем возможным комбинациям подстрочных индексов. Величина  $P(x_i x_j)$  является совместной вероятностью некоторых состояний  $X$  элементов системы. Она определяет количество средней взаимной информации между состояниями элементов  $X$ -й системы. Аналогичным образом записывается выражение для средней условной взаимной информации между состоянием некоторой совокупности элементов системы при известных состояниях всех остальных.

## Название дисциплины

$$J_c(x_i, \dots, x_e | x_q, \dots, x_r) = \sum_{\{x\}} p(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot J_c(x_i, \dots, x_e | x_q, \dots, x_r),$$

где

$$J_c(x_i, \dots, x_e | x_q, \dots, x_r) = \log \{ (\dot{I} R((x_i, \dots, x_e | x_q, \dots, x_r)) \dot{I} R((x_i, x_j, x_n, x_e | x_q, \dots, x_r)) \dots \{ (\dot{I} R((x_i)(x_q, \dots, x_r)) \cdot \dot{I} R((x_i, x_j, x_k | x_q, \dots, x_r)) \dots \} ;$$

$$i, j, k, l \in \{N\}, \bar{n},$$

причем

$$i < j < k < l < \dots \bar{n}.$$

Энтропия рассматриваемой системы, характеризующая неопределенность состояний всех элементов и численно равная собственно информации, которая содержится в системе относительно ее элементов, запишется в виде

$$\dot{I}_{\dot{Y}\bar{N}}(\bar{\delta}) = \dot{I}_{\dot{Y}\bar{N}}(\bar{\delta}_1, \dots, \bar{\delta}_n) = J_c(\bar{\delta}_1, \dots, \bar{\delta}_n) = \sum J_c(x_i) - \sum J_c(x_i, x_j) + \sum J_c(x_i, x_j, x_k) + \dots (-1)^{n-1} J_c(x_i, \dots, x_n).$$

Суммирование производится по всем возможным комбинациям подстрочных индексов

$$i < j < k < l < \dots \bar{n}.$$

Если система рассматривается как неделимое целое, т.е. с учетом всех взаимосвязей, то энтропия системы определится как сумма частных энтропий. Если все эти взаимозависимости игнорируются, то энтропия системы равна сумме энтропий формально независимых элементов:

$$\dot{I}_{\dot{Y}\bar{N}}(\bar{\delta}) = \sum J_c(x_i) = \sum \dot{I}_{\dot{Y}}(x_i).$$

Следовательно, уровень декомпозиции сложной иерархической и стохастической системы определится по выражению

$$\rho(\bar{\delta}) = \frac{\dot{I}_{\dot{Y}}(x_i) - \dot{I}_{\dot{Y}}(\bar{\delta}_1, \dots, \bar{\delta}_c)}{\sum \dot{I}_{\dot{Y}}(x_i) - \dot{I}_{\dot{Y}}(\bar{\delta}_1, \dots, \bar{\delta}_c)}.$$

Очевидно, что

$$\rho_{\dot{Y}}(\bar{\delta}) = \left\{ \frac{\hat{i} \ddot{i} \partial \dot{I}_{\dot{Y}}(x_i) = \dot{I}_{\dot{Y}}(\bar{\delta}_1, \dots, \bar{\delta}_c)}{1 \ddot{i} \partial \dot{I}_{\dot{Y}}(x_i) = \sum \dot{I}_{\dot{Y}}(x_i)} \right\}.$$

Получается, что любая декомпозиция в общем случае влечет за собой возрастание энтропии на величину  $H_3(x) - H_3(x_1, \dots, x_n)$ , монотонно зависящую от  $p(x)$ . Эту величину можно интерпретировать как потерю информации, вызванную искусственным разбиением взаимосвязанных элементов на формально независимые группы.

Отсюда вытекает два принципиально важных вывода.

Во-первых, при составлении структурных схем нет необходимости производить подетальную декомпозицию, т.к. это не повысит точность расчетов (бытует мнение, что чем подробнее схема, тем точнее расчет).

Хорошим примером этому служат работы, в которых была произведена подетальная схематизация машины и принят экспоненциальный закон распределения  $t_{рз}$ . В результате были получены значения наработок на отказ, далекие от истинных.

Во-вторых, структуризация линии, ее элементов и расчеты должны производиться иерархически, т.е. сначала должны схематизироваться и рассчитываться показатели элементов, затем системы. Это объясняется тем фактом, что в одноконтурной (неиерархической) системе происходит только рассеивание информации при ее дроблении и невозможен переход роста числа элементов в новое качественное состояние системы.

#### **2.3.4. Модели формирования потоков наработок на отказ и времени восстановления линий**

Для расчета показателей надежности на заданном интервале времени  $t$  накапливается искусственная статистика отказов.

В соответствии с информационной и процедурной компонентами модулей для каждого элемента структурной схемы генерируется случайное время наработки на отказ  $t_{рз}$  и время восстановления  $t_{вз}$ .

Структуру формирования потоков отказов и восстановлений можно увидеть на простейших системах, состоящих из одного и двух элементов, а затем полученные закономерности могут быть перенесены на реальную систему с конечным числом элементов при любой схеме их соединения (рис.2.3.4).

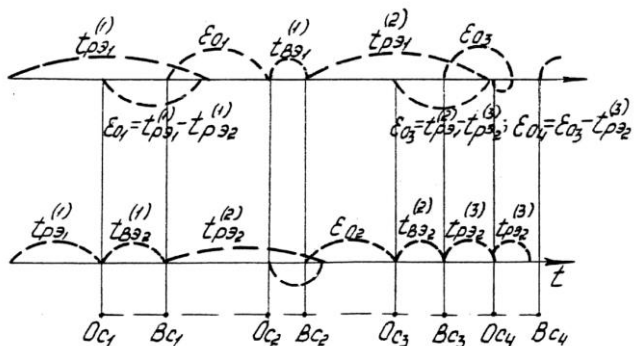


Рис.2.3.4. Временная эпюра реализации случайного процесса эксплуатации системы, состоящей из двух последовательно соединенных элементов

В случае, когда система состоит из одного элемента (рис 2.3.5), то в блоке 1 программ генерируются случайные числа  $t_{p31}$  и  $t_{B31}$ , имитирующие время работы до первого отказа и время восстановления первого отказа.

В блоке 2 программы вычисляются величины:

$$\hat{I}_{\bar{N}_1}^{(1)} = t_{D\bar{Y}_1}^{(1)} ;$$

$$\hat{A}_{\bar{N}_1}^{(1)} = t_{D\bar{Y}_1}^{(1)} + t_{\hat{A}\bar{Y}_1}^{(1)} ,$$

где  $\hat{I}_{\bar{N}_1}^{(1)}$  – момент первого отказа;  $\hat{A}_{\bar{N}_1}^{(1)}$  – момент первого восстановления.

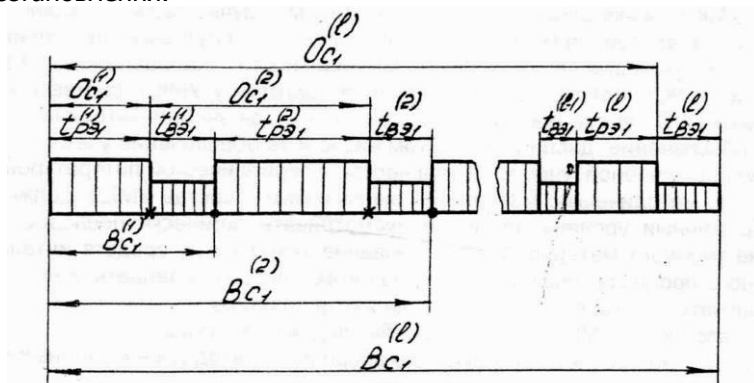


Рис.2.3.5. Временная эпюра реализации случайного процесса эксплуатации восстанавливаемого элемента

Затем вырабатывается следующая пара случайных чисел  $t_{Д\dot{Y}1}^{(2)}$  и  $t_{\dot{A}Y1}^{(2)}$ , соответствующая времени работы после первого отказа и времени второго восстановления.

Если система состоит из двух последовательных элементов, то блоке I генерируются числа  $t_{PЭ1}^{(1)}$ ,  $t_{PЭ2}^{(1)}$ , имитирующие время наработки на отказ каждого элемента.

В блоке 2 вычисляется момент первого отказа:

$$O_{C1} = \min \left\{ t_{Д\dot{Y}1}^{(1)}, t_{Д\dot{Y}2}^{(1)} \right\}.$$

Запоминается номер отказавшего элемента  $NЭ$ , номер элемента, сохранившего работоспособность  $NЭР$ , остаточный ресурс сохранившего элемента, т.е.

$$\dot{A}_{f1} = t_{Д\dot{Y}1}^{(1)} - t_{Д\dot{Y}2}^{(1)}.$$

В блок I снова направляется команда выработки времени восстановления  $t_{\dot{A}Y2}^{(1)}$  отказавшего элемента и времени  $t_{Д\dot{Y}2}^{(2)}$  функционирования на отказ элемента, заменившего отказавший.

В блоке 2 вычисляется момент первого восстановления:

$$\hat{A}_{N1} = \hat{I}_{N1} - t_{\dot{A}Y2}^{(2)}$$

и время наработки системы до второго отказа

$$t_{Д\dot{Y}2} = \min \left\{ \dot{A}_{f1}, t_{Д\dot{Y}2}^{(2)} \right\}.$$

Запоминается, как раньше, номер элемента, отказ которого повлек второй отказ системы, номер уцелевшего элемента, момент второго отказа:

$$O_{C2} = \hat{I}_{N1} + t_{\dot{A}Y}^{(1)} + t_{Д\dot{N}2}^{(2)}$$

и остаточный ресурс уцелевшего элемента

$$\dot{A}_{f2} = t_{Д\dot{Y}2}^{(2)} - \dot{A}_{f1}.$$

Затем операция повторяется.

Таким образом производится формирование рядов отказов

$O_{Cj}$  и восстановлений системы  $\hat{A}_{Cj}$ :

$$t_{PЭ1}^{(1)} O_{C1}^{(K-1)} \leq L_{ЖС} = t_{C3} \leq O_{C1}$$

(А)

## Название дисциплины

$$\left. \begin{aligned}
 O_{C1}^{(1)} &= t_{PЭ1}^{(1)} \\
 O_{C1}^{(2)} &= t_{PЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(2)} + t_{BЭ1}^{(1)} = O_{C1}^{(1)} + t_{BЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(2)} \\
 O_{C1}^{(3)} &= t_{PЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(2)} + t_{BЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(3)} = O_{C1}^{(2)} + t_{BЭ1}^{(2)} + t_{PЭ1}^{(3)} \\
 &\dots \\
 O_{C1}^{(L)} &= O_{C1}^{(L-1)} + t_{PЭ1}^{(L-1)} + t_{BЭ1}^{(L-1)}
 \end{aligned} \right\}$$

и ряд сумм, имеющих вид:

$$\left. \begin{aligned}
 B_{C1}^{(1)} &= t_{PЭ1}^{(1)} + t^{(1)} \\
 B_{C1}^{(2)} &= t_{PЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(2)} + t_{BЭ1}^{(2)} = B_{C1}^{(1)} + t_{BЭ1}^{(2)} + t_{PЭ1}^{(2)} \\
 B_{C1}^{(3)} &= t_{PЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(2)} + t_{BЭ1}^{(1)} + t_{PЭ1}^{(3)} + t_{BЭ1}^{(2)} = B_{C1}^{(2)} + t_{BЭ1}^{(3)} + t_{PЭ1}^{(3)} \\
 &\dots \\
 B_{C1}^{(L)} &= B_{C1}^{(L-1)} + t_{PЭ1}^{(L-1)} + t_{BЭ1}^{(L-1)}
 \end{aligned} \right\}$$

По мере вычисления  $O_{CJ}$  и  $\hat{A}_{CJ}$  проверяется условие достижения заданного времени моделирования.

Заданный временной диапазон опытов  $t_{c3}$  затем делится на  $Z_U$  равных интервалов. Величина каждого  $Z_U$  интервала  $\{nz = 1, 2, 3, \dots, Z_U\}$  и равна  $\Delta t_U = t_{c3} / Z_U$ . Номера интервалов, в которые попадают моменты отказов, будут  $n_{UO}$ , а номера интервалов, в которые попадают моменты времени окончания восстановления, обозначается как  $n_{UB}$ . Номера соответствующих интервалов определяются по выражениям:

$$n_{UO} = Y_{UO} \left[ \frac{O_C^k}{\Delta t_U} \right] + 1 = q_{UO} + 1;$$

$$n_{UB} = Y_{UB} \left[ \frac{B_C^k}{\Delta t_U} \right] + 1 = q_{BO} + 1,$$

где  $Y_{UB}$  – целая часть номера соответствующего интервала;  $\Delta t_U$  – величина интервала.

В каждой реализации определяются интервалы, ограниченные номерами  $n_{BK-1}$  и  $n_{OK} (k = 1, 2, 3, \dots, l)$ . В эти интервалы заносятся единицы. Таким образом, номера интервалов, в которые

заносятся единицы, определяются из условия

$$n_{BK-1} \leq 1 \leq n_{OK}.$$

Во всех остальных интервалах, т.е. тех, номера которых не удовлетворяют описанному выше условию, информация не изменится.

Если система состоит из  $n_c$  последовательных элементов, то момент первого отказа вычисляется по формуле

$$O_{C1} = \min \{ t_{D\dot{Y}1}^{(1)}, t_{D\dot{Y}2}^{(1)} \dots t_{D\dot{Y}i}^{(1)} \}.$$

Запоминается также номер отказавшего элемента  $N_{Э}$ , номера элементов, сохранивших работоспособность ( $N_{ЭP1}, N_{ЭP2}, \dots, N_{ЭPn}$ ), и остаточные ресурсы сохранившихся элементов:

$$\hat{A}_{i2}^{(1)} = t_{D\dot{Y}2}^{(1)} - t_{D\dot{Y}i}^{(1)}.$$

Затем в блок I направляется команда выработки времени восстановления отказавшего элемента  $t_{\dot{A}Yi}^{(1)}$  и времени  $t_{\dot{A}Yi}^{(2)}$  функционирования элемента, заменившего отказавший.

Далее вычисляем момент первого восстановления

$$B_{C1} = O_{C1} + t_{BЭH}^{(1)}$$

и время работы системы до второго отказа

$$t_{B\dot{N}2}^{(1)} = \min \{ t_{D\dot{Y}i}^{(1)}, \hat{A}_{01}^{(1)} \dots \hat{A}_{i1}^{(1)} \}.$$

Затем запоминается номер очередного элемента, выход из строя которого повлек второй отказ системы, и номера уцелевших элементов.

Вычисляется момент второго отказа:

$$O_{C2} = O_{C1} + t_{BЭH}^{(1)} + t_{PC2}$$

и остаточные ресурсы элементов. Затем вновь следует обращение к блоку 1, вырабатывается время восстановления отказавшего элемента и время его работы:

$$\hat{A}_{N2} = \hat{I}_{N2} + t_{\dot{A}Yi}^{(2)}.$$

В такой последовательности производится необходимое количество опытов до тех пор, пока не будет выполнено условие (A).

В случае, когда элементы соединяются параллельно, процедура обработки информации будет аналогична предыдущей. Моменты отказов определяются из условия

$$O_{Cj} = \min \{ t_{D\dot{Y}1}^{(1)}, t_{D\dot{Y}2}^{(1)} \dots t_{D\dot{Y}i}^{(1)} \},$$

поскольку время жизни системы будет соответствовать дол-

говечности наиболее стойкого элемента.

Смешанное соединение представляет сочетание последовательного параллельного соединения. Моменты отказов в таком случае определяются по формуле

$$O_{Cij} = \min \left\{ m\tilde{a}\tilde{o}t_{D\tilde{Y}1}^{(j)}, \dots, m\tilde{a}\tilde{o}t_{D\tilde{Y}2}^{(j)}, t_{D\tilde{Y}2}^{(1)} \dots t_{D\tilde{Y}i}^{(1)} \right\},$$

где  $m\tilde{a}\tilde{o}t_{D\tilde{Y}1}^{(cjk)}$  – наибольшее время работы групп параллельно соединенных элементов;  $t_{D\tilde{Y}nk}^{(l)}$  – время работы последовательно соединенных элементов.

Для получения среднего времени между отказами необходимо иметь значение суммарной наработки на отказ между первым и последним отказами системы за все реализации, т.е.

$$t_{D\tilde{N}} = \sum_{l=1}^{N_p} [O - t_{D\tilde{Y}}]^{(l)}.$$

Для получения среднего времени восстановления необходимо иметь суммарное время восстановления за все реализации, т.е.

$$t_{BC\Sigma} = \sum_{l=1}^{N_p} \sum_{r=1}^r t.$$

Точно так же может быть получено суммарное время безотказной работы системы за те же реализации, т.е.

$$t_{AD\tilde{N}\Sigma} = \sum_{l=1}^{N_p} \sum_{\hat{e}=2}^{\eta_l} t_{D\tilde{Y}A\hat{e}l}.$$

Если разделить  $t_{D\tilde{N}\Sigma}$  на количество приходящихся на нее отказов, то получим среднее время между соседними отказами системы, т.е.

$$T_{CPc} = \frac{t_{PC\Sigma}}{\sum_{l=1}^{N_p} r_l - N_p},$$

где  $N_p$  - число реализаций опытов.

Для получения среднего времени восстановления необходимо  $t_{BC\Sigma}$  разделить на суммарное число восстановлений за все реализации, т.е.

$$T_{Bc} = \frac{t_{BC\Sigma}}{\sum_{l=1}^{N_p} r_l}.$$



Подобным образом получается и среднее время безотказной работы системы, т.е.

$$T_{ic} = \frac{t_{AD\bar{N}\Sigma}}{\sum_{l=1}^{N_p} r_l}$$

Для получения значений суммарной наработки диапазон возможных значений  $O_c$  и  $B_c$  разделяется, как и прежде, на  $Z_u$  равных интервалов. Номер интервала, в который попадает момент  $K$ -го отказа  $O(k)$ ,  $n_{io}$ , а номер интервала, в который попадает момент  $B_c(k)$ -го восстановления, будет  $n_{iv}$ . Тогда очевидно, что суммарная наработка  $\Theta$  для каждого из моментов времени

$$\xi \left( \frac{t}{\Delta t_{\hat{t}}} \right) \text{ определится как}$$

$$\Theta_{\hat{t}_{\xi-1}} + \left( \xi - i_{\hat{t}_{\xi-1}} \right) \cdot \Delta t.$$

Здесь  $\Theta_0 = 0$ ,  $n_{\hat{t}} = 0$ ,  $\xi = 1, \dots, k$ ;  $k=1, \dots, l$ , числа  $\Theta_1, \dots, \Theta_h$  являются значениями случайных величин суммарной наработки в  $l$ -м опыте до текущих моментов  $\xi$ , т.е.  $\Theta_1$  до момента времени  $\xi=1$ ,  $\Theta_2$  – до момента времени  $\xi=2$ ,  $\Theta_h$  – до момента времени  $\xi=h$ .

В результате проведения реализаций в каждом временном интервале  $\Delta t_u$  получается число отказов  $q_{ci}$ . Если их разделить на  $N_p$ , то получатся накопленные частоты, соответствующие каждому интервалу:

$$f_1 = \frac{q_1}{N_p}; \quad f_2 = \frac{q_2}{N_p}; \dots \quad f_r = \frac{q_r}{N_p}.$$

Отсюда можно определить статистический коэффициент готовности в любой момент времени по формуле

$$\left. \begin{aligned} \hat{e}_{rc}(t_2) &= \frac{q_1}{N_p}; \\ \dots \dots \dots \\ \hat{e}_{rc}(t_r) &= \frac{q_r}{N_p}. \end{aligned} \right\}$$

Если поделить все числа  $q_1, q_2, \dots, q_r$  и  $W_1, W_2, \dots, W_r$  на величину  $N_p \Delta t_\xi$ , то получим значения статистической плотности отказов и значение статистической плотности восстановлений, соответствующих каждому интервалу. Таким образом, статистическая плотность отказов может быть подсчитана по уравнению

$$\left. \begin{aligned} \dot{a}_c(t_2) &= \frac{q_1}{N_p \Delta t_\xi}; \\ \dots\dots\dots \\ \dot{a}_c(t_r) &= \frac{q_r}{N_p \Delta t_\xi}. \end{aligned} \right\}$$

а статистическая плотность восстановления – по уравнению

$$\left. \begin{aligned} h_c(t_2) &= \frac{W_1}{N_p \Delta t_\xi}; \\ \dots\dots\dots \\ h_c(t_r) &= \frac{W_r}{N_p \Delta t_\xi}. \end{aligned} \right\}$$

Для построения функций отказов и восстановлений необходимо прежде всего построить ряд сумм по принципу:

$$\left. \begin{aligned} \pi_1 &= q_1; \\ \pi_2 &= q_1 + q_2; \\ \dots\dots\dots \\ \pi_r &= q_1 + q_2 + \dots + q_r; \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} D_1 &= W_1; \\ D_2 &= W_1 + W_2; \\ \dots\dots\dots \\ D_r &= W_1 + W_2 + \dots + W_r. \end{aligned} \right\}$$

Если затем разделить эти суммы на число полученных реализаций, то получатся статистические функции отказов и восстановлений, т.е. среднее число отказов и восстановлений, прошедших до рассматриваемых моментов  $t_r$ .

Таким образом, статистические функции отказов  $A_c(t)$  и восстановлений  $H_c(t)$  могут быть определены по уравнениям:

$$\left. \begin{aligned} \dot{A}_c(t_2) &= \frac{\pi_1}{N_p} \\ \dots\dots\dots \\ \dot{A}_c(t_r) &= \frac{\pi_r}{N_p} \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1(t_2) &= \frac{v_1}{N_p} \\ \dots\dots\dots \\ \dot{I}_c(t_r) &= \frac{v}{N_p} \end{aligned} \right\}$$

Для восстанавливаемой системы вероятность безотказной работы определяется в виде  $P(t, t + \tau_c)$ . Такая запись означает, что на участке  $(0, t)$  произошло ровно  $n_{oc}$  отказов, а на отрезке времени  $\tau_c$  отказов не должно быть. Следовательно, для определения  $P(t, t + \tau_c)$  необходимо знать время, прошедшее от различных значений интервалов разбиения до очередного отказа. Это время является, в принципе, остаточным ресурсом системы, который может быть найден по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\hat{I} \hat{E}_{\Delta t}} &= \hat{I}^{(\hat{e})} - y_{uo} \Delta t_u; \\ \varepsilon_{\hat{I} \hat{E}_{(\Delta t-1)}} &= \hat{I}^{(\hat{e})} - (y_{uo} - 1) \Delta t_u; \\ \dots\dots\dots \\ \varepsilon_{(B\hat{E}+1)_{\Delta t}} &= \hat{I}^{(\hat{e})} - (y_{uB} + 1) \Delta t_0. \end{aligned} \right\}$$

Если разделить значения  $\varepsilon_{OK}$  на  $N_p$ , то получится статистическая вероятность отказов –  $Q_{oc}$ , а вероятность безотказной работы определится из условия

$$P(t, t + \tau_c) = 1 - Q_{oc}.$$

При достаточно малых  $\tau_c$  и относительно больших  $t$ , приняв, что  $\tau_c \approx \Delta t_u$  вероятность отказа можно определить из соотношения

$$1 - P_r(\Delta t_u) = h(t) \Delta t_u.$$

Как видно из приведенных алгоритмов, расчет статистических показателей надежности восстанавливаемой системы основывается на потоках отказов и восстановлений, формируемых для рассматриваемых промежутков времени.

В случае, если матожидание  $t_{p3}$  и  $t_{в3}$  достаточно близки к временному интервалу, на котором изучается надежность системы, или наоборот, рассматриваемый временной интервал значительно меньше  $t_{p3}$  и  $t_{в3}$  (например, оценивается надежность в приработочный период), значения  $K_r$  и  $P(t, t + \tau_c)$  могут иметь величину 0 или 1, что, естественно, не соответствует действительности.

Для устранения этого недостатка и сглаживания скачков значений  $\hat{e}_r$  и  $P(t, t + \tau_c)$  для указанных условий в алгоритм введены уравнения для определения этих параметров на основе значений  $T_{PCcp}$ ,  $T_{Bcp}$ ,  $T_{Ocp}$ ,  $H_c(t)$ ,  $h_c(t)$ , полученных в результате моделирования.

### 2.3.5. Алгоритм программы для статистического моделирования надежности линий

По описанным математическим моделям были разработаны алгоритмы и составлена программа для статистического моделирования на ЭВМ надежности восстанавливаемой системы.

Алгоритм предусматривает циклическое выполнение следующих шагов.

Шаг 1. Ввод исходной информации с последующей контрольной печатью. Вводимая информация содержит коды, представляющие иерархическую структурную схему системы, типы и параметры законов распределения наработок до отказа и времени восстановления элементов нижнего уровня иерархии, стоимостные характеристики операции его восстановления, количество  $N$  прогонов моделирования и длительность каждого прогона  $T$ .

Шаг 2. Пока не построено  $N$  прогонов, пока не достигнуто время окончания имитационного прогона  $T$ , необходимо выпол-

## Название дисциплины

нить обращение к генераторам случайных чисел, подчиненных законам, специфицированным в предыдущем шаге, формирование таблицы событий в системе. Таблица содержит номер и момент наступления события, код отказавшего элемента, стоимостные характеристики операции восстановления чисел.

Шаг 3. Обращением к программам статистического и стоимостного анализа вычислить точечные и интервальные оценки основных надежностных и стоимостных характеристик системы, оценки плотностей распределения наработки на отказ, времени восстановления на разных этапах жизненного цикла системы (рис.2.3.6).

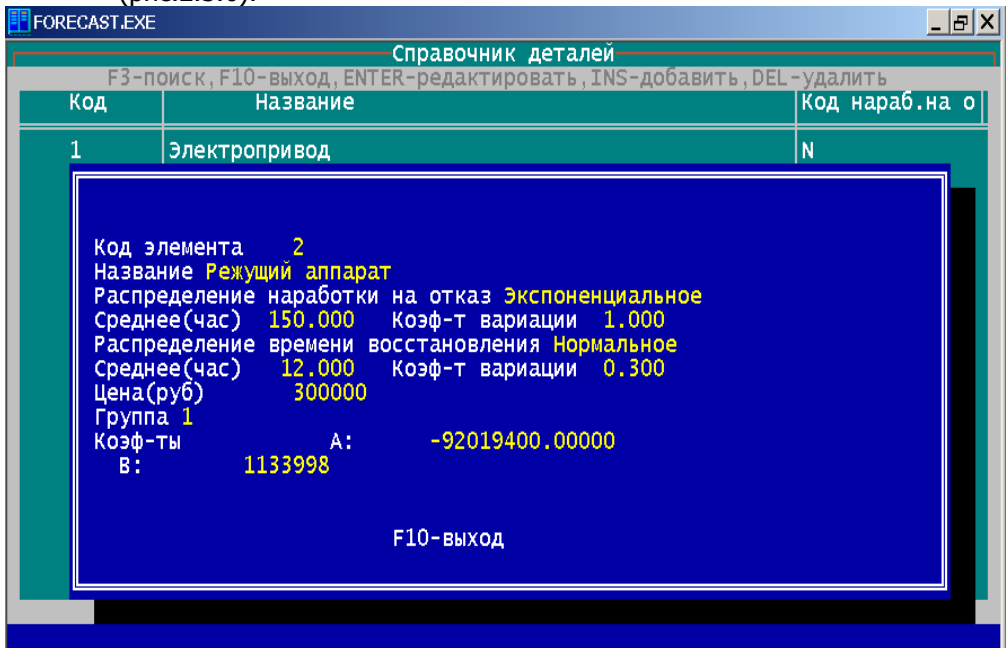


Рис.2.3.6. Результаты имитационного моделирования надежности системы «режущий аппарат» измельчителя растительных материалов

Рассмотрим на примере возможности описанного метода. На рис.2.3.7 представлена структурная схема надежности транспортной системы для перемещения сыпучих материалов.

## Название дисциплины

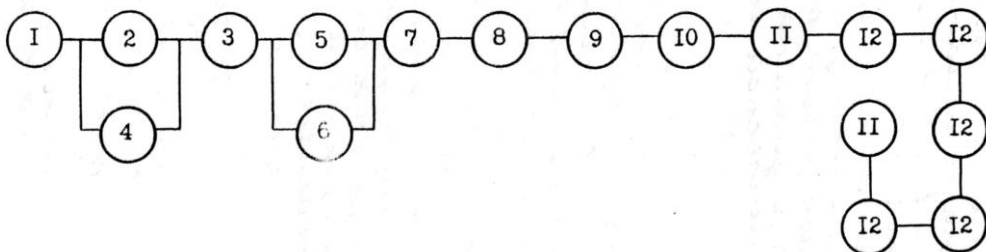


Рис.2.3.7. Структурная схема системы для перемещения сыпучих продуктов: 1- аппаратура защиты электродвигателя привода транспортера; 2,4 – аппаратура управления приводом транспортера; 3 – электродвигатель привода транспортера; 5,6 – ременная передача; 7 – редукторы; 8 – бункер с ворошителем; 9 – приводная звездочка транспортера; 10 – цепь транспортера с шайбами; 11 – натяжное устройство; 12 – поворотный ролик

Таблица 2.3.1

Параметры законов распределения  $t_{PЭ1}$  и  $t_{BЭ1}$  элементов структурной схемы, показанной на рис 2.3.7

Номер элемента	Наработка на отказ, ч			Время восстановления, ч		
	Вид закона	Параметры		Вид закона	Параметры	
1	Г (гамма)	$L=0,0036$	$m=5,9$	Л Н	$M=-0,84$	$S=-0,2$
2	Г (гамма)	$L=0,0036$	$m=5,9$	Л Н	$M=-0,84$	$S=-0,2$
3	Э (экспоненциальный)	$L=0,0004$	-	Г	$L=4,13$	$m=3$
4	Г (гамма)	$L=0,0036$	$m=5,9$	Л Н	$M=-0,84$	$S=-0,2$
5	Н (нормальный)	$M=1527$	$S=340$	Н	$M=0,036$	$S=0,08$
6	Н (нормальный)	$M=1527$	$S=340$	Н	$M=0,36$	$S=0,08$
7	Н (нормальный)	$M=1478$	$S=528$	Н	$M=1,8$	$S=0,59$
8	Э (экспоненциальный)	$L=0,0004$	-	Г	$L=34,7$	$M=5,9$
9	Н (нормальный)	$M=978$	$S=259$	Н	$M=0,82$	$S=0,25$
10	В (вейбулла)	$a=466$	$b=3$	Н	$M=1,45$	$S=0,42$
11	Н (нормальный)	$M=1296$	$S=340$	Н	$M=0,55$	$S=0,16$
12	Н (нормальный)	$M=14781$	$S=528$	Н	$M=1,87$	$S=0,59$

Примечание: Н – нормальный закон распределения Гаусса; Л – логарифмически-нормальный закон; Г-гамма-распределение.

Результаты моделирования надежности функционирования описанной системы отражены на рис.2.3.8.

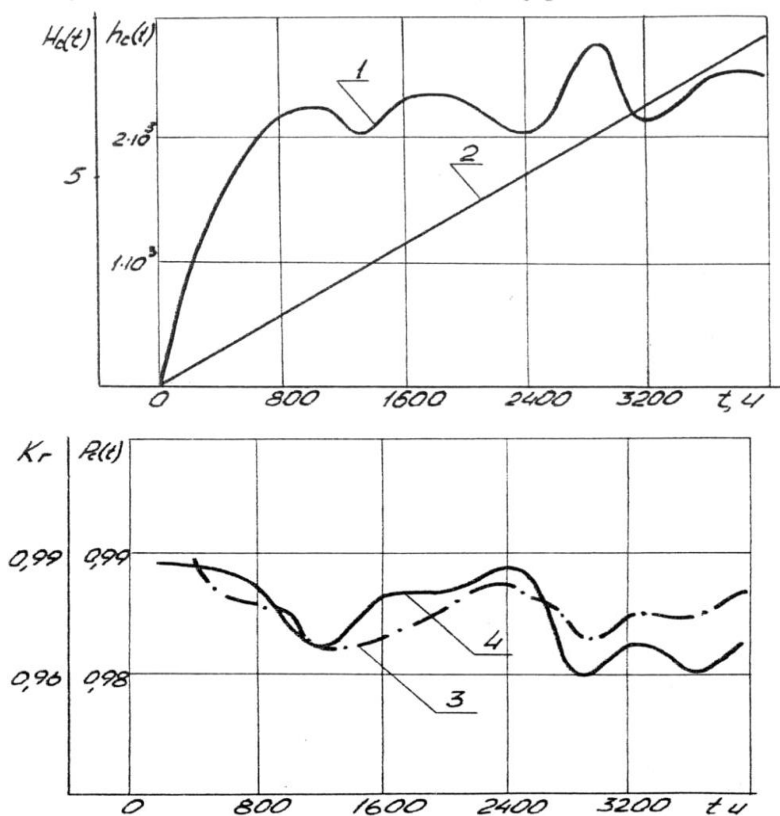


Рис.2.3.8. Результаты статистического моделирования надежности системы для перемещения сыпучих продуктов: 1 – плотность отказов и восстановлений; 2 – функция отказов и восстановлений; 3 – коэффициент готовности; 4 – вероятность безотказной работы

Описанным методом можно получать различные показатели надежности исследуемой системы и смотреть на нее (систему) под разными «углами зрения».

На рис.2.3.9 показана структурная схема системы из 26 элементов, а в табл.2.3.2 приведены фрагменты входной информации со стоимостными показателями.

## Название дисциплины

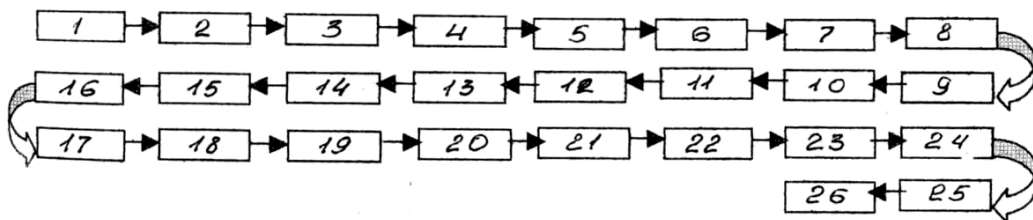


Рис.2.3.9. Структурная схема надежности системы приготовления грубостебельных компонентов комбикормов У17-УКИ

Таблица 2.3.2

Виды и параметры законов распределения  $t_0$ ,  $t_b$  и  $c_p$  элементов структурной схемы надежности измельчителя У17-УКИ

Наименование объекта	$t_0$ , ч		$t_b$ , ч		Стоимость восстановительных работ
	Ср. знач.	Закон	Ср. знач.	Закон	
Бункер с заслонкой	15000	Э $\lambda=0,000067$	0,2	Н $m=0,2$ $\sigma=0,12$	400
Подшипник в сборе	20000	В $a=22573$ $b=2$	0,5	Н $m=0,5$ $\sigma=0,12$	100

Результаты моделирования представлены на рис.2.3.10-2.3.12.

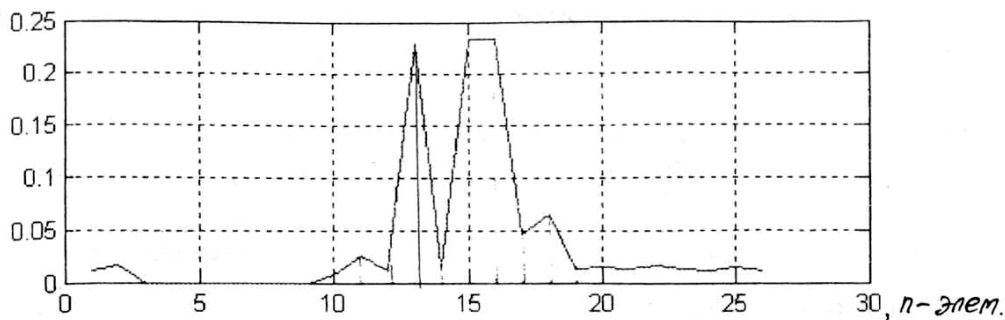


Рис.2.3.10. Частоты отказов элементов измельчителя



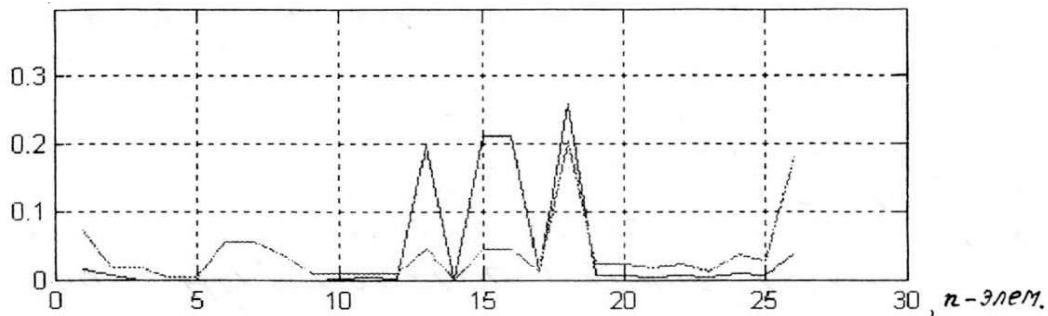


Рис.2.3.11. Цена восстановления элементов

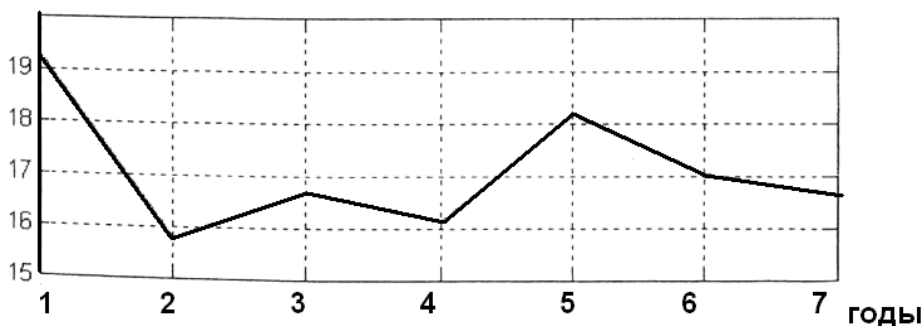


Рис.2.3.12. Среднецикловая наработка на отказ по двухгодичным периодам

Сравнение расчетных показателей с фактическими дает разницу в 25-30%, что в теории надежности считается хорошим результатом.

Ценность описываемого метода заключается в возможности ещё на этапе проектирования оценить надежность создаваемого объекта, определить, при помощи каких методов можно достигнуть заданного уровня надежности.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.3

### ИСТОРИЯ НАУКИ О НАДЕЖНОСТИ МАШИН

В историческом развитии человека можно выделить два основных этапа развития техники: первый восходит к древнейшим временам (каменному веку) и состоит в поисках конструкций,

## Название дисциплины

многократно увеличивающих мускульную силу человека, второй датируется текущим столетием и характеризуется поисками конструкций, позволяющих во много раз увеличить его умственные способности.

В древности и в Средние века ценность человека определялась силой его мышц. В настоящее время мощность, развиваемая человеком физического труда, составляет (в среднем) едва несколько десятков ватт: это значит, что при современных ценах на электроэнергию стоимость этого труда составляет менее 1% его зарплаты. Сейчас при физической работе все более ценятся профессиональные навыки, опыт, находчивость и т. д. Опыт и навыки ценятся выше всего, так как являются результатом длительного процесса проб и ошибок, в котором «участвовали» умственные и физические усилия многих поколений. Так называемые машинные конструкции позволяют исключить не только тяжелый физический труд человека (путем механизации), но и скучные, однообразные действия (посредством автоматизации).

Начиная с первых лет XIX в. происходило широкое и быстрое внедрение механизации в производственные процессы. Во второй половине XX в. все интенсивнее шла механизация и автоматизация сложных производственных процессов. Результатом механизации и автоматизации был колоссальный рост производительности труда. Подсчитано, что за сто лет (с 1900 по 2000 г.) производительность труда в развитых странах возросла более чем в 15 раз, причем главным образом за счет механизации и автоматизации производства, в 1900 г. около 94% производственных процессов совершалось вручную и только 6% были охвачены механизацией, тогда как в 2000 г. пропорция стала обратной: около 94% процессов было механизировано и автоматизировано и только 6% совершалось вручную.

За эти же сто лет (1900-2000) производительность умственного труда возросла только вдвое. Существует обоснованное предположение, что причиной такого низкого темпа роста производительности умственного труда было применение в этой области машин и приборов с очень низкой степенью надежности.

Создатели первой быстродействующей электронной цифровой машины ЭНИАК, построенной в США в 1945 г. и состоявшей всего лишь из 18 000 электронных ламп, 1500 реле и нескольких десятков тысяч сопротивлений, конденсаторов и т. д., с изумлением наблюдали, как их машина – плод многолетней работы коллектива – портится каждые 15 – 20 мин. Одна из сотрудниц, обслуживавших машину, писала: «...ЭНИАК, на котором мы работали, действовал быстрее прежних математических машин, но оказался машиной очень хрупкой и, можно сказать, капризной. Какие-нибудь лампы или контуры постоянно портились, а нам приходилось стоять без дела».

Беспрерывно совершенствуемый ЭНИАК работал для Центра баллистических исследований США до конца 1955 г., т. е. 10 лет. Хотя конструкторы, а потом и весь персонал ЭНИАКа выполняли свою работу хорошо, машина то и дело ломалась и делала ошибки в расчетах – иначе говоря, она не была надежной. Поэтому возникла совершенно новая техническая проблема, которую можно сформулировать следующим образом: «Можно ли построить достаточно надежную машину из элементов с конечной надежностью?».

Ответ на этот вопрос, основной для теории надежности, был получен только в 1952 г. Как формулировка вопроса, так и ответ на него были даны Дж. фон Нейманом в книге «Логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент». В 1956 г. Э. Мур и К. Шеннон, обобщив выводы фон Неймана, доказали, что, применяя достаточное количество так называемых ненадежных элементов, можно построить техническую конструкцию с довольно высокой и требуемой степенью надежности. Так, из потребностей инженерной практики родилась новая теория, которую сейчас мы называем теорией надежности.

Проблема надежности для инженерного дела также стара, как и проблема здоровья для медицины. На протяжении всей истории человечества сооружения неожиданно разрушались, корабли тонули, гибли люди. Но осознание причин и следствия таких событий стало происходить только в XX веке, когда была создана теория надежности и определены методы ее использования в инженерном деле.

Теория надежности прослеживает и предсказывает судьбы конструкций в течение всего их существования, включая «рождение» (период проектирования и изготовления) и «жизнь» (период эксплуатации) вместе с периодами различных «недомоганий» и «болезней» (ремонт и простоя), приводящих в конечном счете

к «смерти» конструкции (этап сдачи технической конструкции на слом) вследствие морального или технического износа.

В нашей стране проблема надежности машин в концептуальном аспекте впервые была выдвинута и обсуждена на сессии Академии наук СССР в 1934 году. На первых этапах развития теории надежности основное внимание сосредотачивалось на сборе и обработке статистических данных об отказах изделий. В оценке надежности преобладал характер констатации количественных характеристик потока отказов на основании статистических данных. Развитие теории надежности сопровождалось совершенствованием вероятностных методов исследования, таких как определение законов распределений наработок на отказ, разработка методов расчета и испытаний изделий с учетом случайного характера отказов и т.п.

Вместе с тем возникали новые направления исследований, связанные с поиском принципиально новых способов повышения надежности, прогнозированием отказов и прогнозированием количественных показателей надежности, анализом физико-химических процессов, оказывающих влияние на надежность, установлением корреляционных связей между характеристиками этих процессов и показателями надежности, совершенствованием методов расчета показателей надежности изделий, обладающих все более сложной структурой, с учетом всё большего числа действующих факторов (достоверность исходных данных, контроль и профилактика, условия работы и обслуживания т.д.). Испытания на надежность совершенствовались главным образом в направлении проведения ускоренных и неразрушающих испытаний. Наряду с совершенствованием натуральных испытаний широкое распространение получили математическое моделирование и сочетание натуральных испытаний с моделированием. В результате к середине XX-го века сформировались основы общей теории надежности и её частных направлений по отдельным видам техники.

В СССР основателями теории надежности были И.А. Ушаков, Я.М. Сорин, А.М. Половко, И.А. Рябинин. Их работы опирались на математические методы надежности, разработанные академиком УССР Б.В. Гнеденко и его коллегами А.Д. Соловьевым и Ю.К. Беляевым и Д.И. Кузьминым (рис.П2.3.1, П2.3.2).



Рис.П2.3.1. Основатели советской школы теории надежности: слева – И.А.Ушаков; справа Б.В.Гнеденко



Рис.П2.3.2. Основатель направления надежности радиотехнических средств и кибернетики в СССР Аксель Иванович Берг

Увеличивающаяся сложность технических устройств, возрастающая ответственность функций, выполняемых техническими системами, повышение требований к качеству изделий и условиям их работы, возросшая роль автоматизации управления техническими объектами – основные факторы, определившие главное направление в развитии науки о надежности. Машины становились все более сложными, количество элементов в них исчисляется десятками тысяч. Если не принимать специальных мер по обеспечению надежности, то любая машина практически окажется неработоспособной.

Круг вопросов, входящих в компетенцию теории надежности, на наш взгляд, наиболее полно сформулировал академик А.И.Берг: "Теория надежности устанавливает закономерности возникновения отказов и восстановления работоспособности системы и её элементов, рассматривает влияние внешних и внутренних воздействий на процессы в системах, создает основы расчета надежности и предсказания отказов, изыскивает способы повышения надежности (при конструировании и изготовлении систем и их элементов, а также способы сохранения надежности при эксплуатации)".

Система и цель должны находиться в определенном соответствии. Улучшение характеристик конкретной системы, обеспечивающей высокую эффективность достижения цели, может оказаться неэффективным для обеспечения достижения этой же цели. Здесь же подчеркнем, что оптимизацию структур технических систем по определению невозможно осуществлять без учета ос-

## Название дисциплины

нового события теории надежности – отказа, природа которого исчерпывающе описывается законом возрастания энтропии (энтропия) или потерей упорядоченности структур (информация).

Иллюстрируя сказанное конкретными законами физики и химии, отметим, что эволюция энергии при развитии повреждающих процессов исчерпывающе описывается первым и вторым законами термодинамики: первый закон утверждает неуничтожаемость энергии, второй – указывает направления развития процессов. Согласно принципам термодинамики, мерой преобразования и изменения энергии тела (системы тел) служит энтропия, приращение которой:

$$DS = DSo + DSн .$$

Это отношение есть формулировка второго закона термодинамики, данная И.И. Пригожиным. Слагаемое  $DSo$  характеризует изменение энергии тела в результате обмена веществом и энергией с внешней средой; слагаемое  $DSн$  – изменение энергии тела в результате необратимого преобразования, вызываемого течением физико-химических процессов и преобразованиями одних видов энергии в другие.

Показатели надежности той или иной системы в преобладающей степени формируются путем многокритериальной оптимизации, обеспечивающей рациональное сочетание факторов наследственности и изменчивости с учетом эксплуатационно-климатических, социальных, антропологических и других факторов.

Среди перечисленных факторов наиболее интересным является социальный фактор. Современные технические системы нельзя рассматривать изолированно не только от человека-оператора, потребителя продукции, пассажира и т.п., но и от социума в целом. Научно-техническая революция привела к появлению во второй половине XX века нового класса систем – эргатических, структурной частью которых является человек-оператор.

Интерес к проблеме системы человек – машина (СЧМ) возник в середине XX в.; он был обусловлен тем, что в качестве объектов технического проектирования и конструирования стали всё чаще выступать различного рода системы (управления производством, транспортом, связью, космическими полётами и т.п.), эффективность функционирования которых во многом определяется деятельностью включаемого в них человека. Сочетание способностей человека и возможностей машины (или совокупности технических средств) существенно повышает эффективность управления. Несмотря на совместное выполнение функций управления

## Название дисциплины

человеком и машиной, каждая из двух составляющих системы подчиняется в работе собственным, свойственным только ей закономерностям, причём эффективность функционирования системы в целом определяется тем, в какой мере при её создании были выявлены и учтены присущие человеку и машине особенности, в том числе ограничения и потенциальные возможности.

Одна из важнейших проблем построения систем человек-машина (СЧМ) – оптимальное распределение функций между оператором и техническими средствами, т.е. определение операций (и действий), которые должны выполняться человеком и машиной для обеспечения требуемой эффективности действия системы. Возможны два основных варианта распределения функций: в первом человек выполняет только операции контроля за машинным процессом решения задачи и утверждает решение; во втором часть операций выполняется человеком и машиной совместно, иначе решение не может быть получено. Первый вариант – это своего рода параллельная организация взаимодействия человека с машиной, второй – его последовательная («пошаговая») организация.

При выборе того или иного варианта должны учитываться соображения методологического характера, касающиеся социальной функции человека как субъекта труда, а также практической рекомендации науки об управлении, включая и рекомендации по организации управления в высших звеньях систем. Важное место в таком обосновании должно принадлежать инженерно-психологическим оценкам и использованию результатов изучения психофизиологических функций человека.

По современным представлениям обоснование рационального (и даже оптимального) распределения функций должно базироваться на количественных оценках качества решения задач человеком (и машиной) и оценках влияния этого качества на общую эффективность системы. Такие задачи решает область науки, называемая системотехникой. С помощью концептуального аппарата системотехники описываются хотя и не все (что является очевидным), но наиболее существенные для проектирования аспекты человеческой деятельности, и основная инженерно-психологическая проблематика – это операциональное «измерение человеческих параметров», необходимых для придания определенности системотехническим моделям.

Обеспечение надежности системы "человек-машина", является в настоящее время главной задачей, при этом уже не подвергается сомнению, что определяющее значение имеет надеж-

## Название дисциплины

ность человека-оператора. Ключевой эргатический фактор состоит в том, что, управляя современными техническими системами, оператор постоянно взаимодействует не с управляемыми объектами, а с их информационными моделями.

Недостатки, препятствующие человеку быть идеальным оператором, хорошо известны: недостаточная скорость и точность выполнения операций, быстрая утомляемость, подверженность влиянию разнообразных субъективных факторов. Статистика показывает, что в авиации до 70% летных происшествий случается по вине человека. Более 56 % из общего числа происшествий, где обошлось без смертельного исхода, приходится на сенсомоторные акты. Около 52 % от числа трагических случаев сводятся к ошибкам категории "Принятие решения". Ошибки человека являются основной причиной большинства аварий и других инцидентов. По проведенным исследованиям, ошибки человека вызвали от 60 до 80 % аварийных случаев, в то время как конструктивные недостатки оборудования дали лишь немногим более 10%.

Существует еще довольно большой класс систем, которые до недавнего времени находились вне поля зрения системотехников. Это системы, в которых помимо человека –оператора, объектом деятельности являются люди (медицина), животные (сельское хозяйство), растения (они живые) и биологические объекты простейшего уровня (дрожжи, грибки, бактерии, микробы, т.е. биологические объекты). При прогнозировании надежности функционирования таких систем необходимо учитывать особенности биологического звена.

Теория надежности развивается в тесном взаимодействии и сотрудничестве с математикой: с одной стороны, математический аппарат широко используется для решения задач надежности технических систем, с другой стороны, практика решения проблем надежности ориентирует и стимулирует развитие самой математики.

Центральное место в использовании математического аппарата для решения проблем надежности занимают процессы обработки данных и принятия решений. При этом в соответствии с поставленной задачей исследования, как правило, необходима идеализация реальной технической системы, в ходе которой её свойства абстрагируются и отождествляются со свойствами математических объектов, в результате чего исследователь синтезирует математическую модель технической системы.

Успешное решение этой задачи в значительной мере определяется опытом, и существуют общие требования, предъявляе-



## Название дисциплины

мые к математической модели: стандартная форма, необходимая и достаточная точность, предельная простота.

Моделирование компонентов системы, как правило, значительно проще, чем моделирование системы в целом, поскольку, несмотря на огромное разнообразие систем, набор их компонентов весьма ограничен, и стандартизированные модели различных компонентов, полученные однажды, могут затем многократно использоваться при моделировании сложных систем.

Математику в зависимости от её точки зрения на моделируемый объект подразделяют на метаматематику, формальную математику, содержательную математику и прикладную математику. Из перечисленных разделов два последних используются в качестве математического аппарата теории надежности, поскольку предметом содержательной математики являются системы абстрактных объектов, наделенных конкретным содержанием и называемых конструктами, а прикладная математика истолковывает объекты формальных и содержательных теорий в категориях реального мира (эмпирическая интерпретация).

Параметры системы и приложенные к ней воздействия в зависимости от их реальной природы интерпретируют в виде детерминированных или статистических моделей. Последние имеют особо важное значение при исследовании сложных систем с большим количеством связей, обладающих трудно учитываемыми свойствами. Теория надежности основывается на вероятностно-статистической природе самого феномена надежности. Из множества состояний, в которых может находиться система, выделяется подмножество состояний, различающихся между собой с точки зрения показателей надежности. Это подмножество называют фазовым пространством надежности системы, изменяющимся в процессе её эксплуатации.

При построении конкретных моделей понятия философского и общенаучного уровней, как правило, трудно формализуемые, отображаются качественными связями, а понятия конкретного и специализированного уровней – формализуемы и отображаются количественными соотношениями. Системный подход базируется на использовании соответствующих законов и категорий диалектики – часть и целое, содержание и форма, качество и количество и др.

Всякая система обладает определенной детерминированной, или вероятностной, структурой. При этом человек, сам являясь конструкцией, доведенной Природой до определенной степени совершенства, создает технические системы "под себя – как

себя". В процессе поиска оптимальных путей решения проблем надежности в технике одним из основных является вопрос о взаимосвязи структуры и функции. По особенностям структуры любой конкретной системы практически всегда можно сделать вывод о выполняемой ею функции. В основе надежного функционирования как биологических, так и технических систем лежат принципы структурной и функциональной избыточности: феномен избыточности, наблюдаемый в живой природе и моделируемый человеком в технических устройствах, является выражением единства структуры и функции.

Границы использования принципа избыточности устанавливаются с помощью экономических критериев, поскольку неосторожное использование этого принципа приводит к недопустимому увеличению размеров, веса, стоимости и других показателей, вследствие чего повышение надежности системы влечет за собой снижение других показателей технического уровня. Оптимизация количественных характеристик избыточности и надежности базируется, таким образом, на идеях, составляющих сущность категорий качества, количества и меры.

В основу анализа состояния технических систем в период их эксплуатации и старения исследователи используют термин "потенциал работоспособности", поскольку он несет более высокую смысловую нагрузку и дидактически наиболее адекватно соответствует энергетической сущности процессов старения. С этих позиций жизненный цикл технической системы (как и человека) можно представить как процесс непрерывного снижения потенциала работоспособности, периодически восстанавливаемого до приемлемого уровня путем проведения технических обслуживаний и ремонтных воздействий.

Снижение потенциала работоспособности машин, главным образом, связано с накоплением необратимых повреждений в их элементах. Повреждения могут иметь механическое, физическое, химическое происхождение или являться их комбинацией. Обычно повреждающие процессы, имеющие различную природу, рассматривают отдельно, несмотря на то, что в общем случае они описываются с позиций второго закона термодинамики одними и теми же или очень близкими математическими соотношениями. Общий подход к описанию процессов накопления повреждений предложен профессором В.В. Болотиным и является основой для использования в расчетах, связанных с прогнозированием долговечности технических систем.

Потенциал работоспособности технических систем условно

## Название дисциплины

складывается из трех частей: активной, пассивной и резервной.

Закономерности выработки активной части потенциала работоспособности являются предпосылкой и исходными данными для разработки системы технических обслуживаний и ремонтов.

Пассивная часть в пределах срока службы полагается неизменной. Резервная часть образуется в результате избыточности, закладываемой в конструкцию. На практике резервная часть образуется путем назначения различных коэффициентов запаса, использованием резервирования (дублирования) "ненадежных" элементов конструкции и т.д. Резервную часть потенциала работоспособности можно условно представить состоящей из двух частей:

первая часть формируется на базе "современного уровня незнания" свойств материалов, конструктивных связей, закономерностей старения;

вторая часть назначается для формирования живучести технической системы – обеспечения её работоспособности в течение определенного времени после выработки активной части потенциала работоспособности или отказов критического характера, точно так поступает и Природа, "проектируя" биосистемы.

С развитием эволюционной генетики явления наследственности стали рассматриваться не только как фактор эволюции, но и как объект эволюционных преобразований. Биологическая наука осмысливает проблему эволюции самих явлений наследования и процессов изменчивости.

Применительно к техническим объектам степень наследования признаков определяется коэффициентом унификации, являющимся мерой конструктивной преемственности в процессе эволюции технических систем. Поскольку унификация в первую очередь предусматривает использование в новых моделях технических систем конструктивных элементов, узлов и агрегатов, используемых в существующих моделях, то прогнозирование показателей надежности новых моделей с высоким коэффициентом унификации существенно облегчается. Однако возможности человека, связанные с его огромной пластичностью и самокомпенсацией, способностью творчески изменять схемы действий, избирательной самообучаемостью и интуицией, дают ему такие преимущества, которые вряд ли будут достигнуты кибернетическими системами в обозримом будущем. Более того, совершенствование автоматизации управления не только не приводит к исключению человека из управленческих процессов, но, напротив, приводит к усложнению его труда, поскольку физические функции человека

в процессе производства и управления все более уступают место социальным.

Технический объект оператор – сфера эксплуатации представляет собой части объективно существующего единого целого. Гораздо проще и удобнее рассматривать избирательно и изолированно один из элементов этой системы, тем более, что понятиями и категориями надежности можно охарактеризовать каждый элемент. Однако надежность системы в целом отличается от частных показателей надежности её элементов вследствие наличия корреляционных внутриэлементных, межэлементных и межсистемных связей, особенно когда в систему включен человек или человеческий коллектив, и решение таких задач является очень сложным, но вполне реализуемым процессом.

В социально-биологических системах реализуются естественные и искусственные технологии.

Процессы в живых системах могут быть охарактеризованы как естественные технологии, т.е. как некоторая система операций, обеспечивающих определенный эффект. Выполнение операций в большинстве случаев реализуется на основе генетически заданного алгоритма, находящегося под контролем локальной управляющей системы или системы более высокого ранга, обеспеченной определенным источником энергии и характеризующейся дополнительными побочными эффектами.

Высокоэффективные процессы в природе строятся на общих принципах. А именно:

Универсальность. Принцип гласит, что основные закономерности строения биологических систем всеобщы. Это означает, что какой-либо механизм, свойственный организмам одного вида, может быть обнаружен у организмов других видов или может оказаться всеобщим. Принцип универсальности отражает общность происхождения организмов и единство структурно-функциональной организации жизни, где перенос массы и энергии возможен лишь при общности ряда его компонентов. Принцип имеет существенное гносеологическое значение, так как заставляет частную закономерность рассматривать как потенциально всеобщую и искать границы ее применения. Одним из доказательств справедливости принципа служат многочисленные универсальные технологические и физиологические процессы машины, открытые в период новой биологической революции. Кроме того, лишь на основе принципа универсальности можно понять возможность создания межвидовых клеточных гибридов и химерных организмов, а также возможность переноса информации от

вида к виду. Принцип универсальности базируется на принципе модульности.

Блочность (модульность). Для структуры и функции на любом уровне характерна дискретность, которая выражается в блоковой организации структур, осуществляющих элементарные функции (принцип блочности), и в принципе функционирования (принцип "все или ничего"). Функции реализуются с помощью определенного набора функциональных блоков. Все многообразие простых и сложных процессов может быть описано как упорядоченная работа соответствующих комбинаций функциональных блоков. Принцип блочности существен для понимания стабильности функционирования на уровне различного вида блоков.

Принцип "все или ничего". Закон "все или ничего" установлен для возбудимых макросистем, где имеет место незатухающее возбуждение. В дальнейшем оказалось, что по этому принципу работают многие информационные системы, что обеспечивает им ряд преимуществ.

Распространение этого закона на деятельность функциональных блоков означает, что блок может находиться либо в состоянии покоя, либо осуществлять работу, которая является единственно возможной в данных условиях. Конкретное применение закона может быть весьма важным для прогнозирования надежной биотехнической системы (БТС).

Принцип эффективности. Принцип является краеугольным для естественных технологий. Он характеризует механизмы естественного отбора, отражает некоторые общие закономерности (эволюцию структур и функций) и определяет взаимоотношения между структурой, функцией и полезными (или вредными) эффектами в ходе эволюции. В нем утверждается, что при естественном отборе происходит накопление полезных и элиминирование вредных биологических эффектов. Следствие этого – изменение структурных и функциональных признаков, реализующих такие эффекты. Состояние системы приближается к равновесию между полезностью признака (его полезным эффектом) и его "стоимостью", т. е. отрицательным по своему биологическому значению эффектом, а соотношение между ними может меняться под влиянием внешних и внутренних факторов. На основе этого принципа разъясняется отсутствие идеальных биологических систем и невозможность достижения коэффициента полезного действия, равного 1.

Принцип сохранения. Законы сохранения вещества и энергии относятся к числу фундаментальных всеобщих законов. Их

применение к объяснению основных процессов жизни на всех уровнях организации И.М. Сеченов считал наиболее важным итогом естествознания XIX в. Для живой природы характерно формирование процессов и механизмов активного поддержания постоянства основных свойств данной системы. Эта способность развивается и возрастает в ходе филогенеза и объединяется термином "гомеостаз", включающим в себя как состояние, так и процессы, обеспечивающие его.

Гомеостатирование в широком смысле представляет собой поддержание постоянства основных биологических и физико-химических констант. Это понятие является основным в современных интерпретациях таких различных явлений и состояний, как здоровье и болезнь. Это же понятие применяется к работе различных технических устройств и комплексов. Принцип гомеостаза – один из наиболее фундаментальных в жизнедеятельности систем и свойств этих систем. Он справедлив по отношению к любой конкретной живой системе » (от клетки до биосферы).

Принцип циклизации. На всех уровнях организации (от клеточного до планетарного) биологические системы частично или полностью циклизированы. Так, очевидна циклизация окислительных процессов.

Примером циклизации функций на уровне органов и систем может быть кровообращение. Цикличность характеризует также взаимоотношения в пределах экосистем и биосферы, где происходит циркуляция массы и энергии. По всей вероятности, принцип циклизации входит в число важнейших принципов, обеспечивающих высокую экономичность и эффективность живых систем благодаря многократному использованию одних и тех же структур. Циклизация также обеспечивает согласование всех компонентов, реализующих многоэтапный процесс. Наконец, в циклах возможно наиболее совершенное гомеостатирование процесса и управление им.

Принципы множественности. Они являются общими не только для эволюции функций, но и для их организации. Принцип мультифункциональности гласит, что каждая сложная структура имеет более чем одну функцию. В пределах одного организма большинство органов мультифункционально, что создает широкие возможности для значительных структурных и функциональных перестроек. В основе последних лежит изменение соотношения соответствующих функциональных блоков, результатом которого может быть уменьшение одних и увеличение других биологических эффектов.

Принципы управления. Многообразие и пластичность функций служат отражением различных сочетаний ограниченного, хотя и большого числа функциональных блоков и прямо указывают на первостепенную роль систем управления в организации естественных технологий. В основе принципов управления лежат законы управления, основные законы кибернетики. Управление достигается с помощью программ (прежде всего генетических), определяющих алгоритм процесса, т. е. последовательность операций в пространстве и времени. Другим существенным свойством управления являются процессы регуляции и саморегуляции, обеспечивающие инициацию, завершение или поддержание определенной скорости биологического процесса. В процессах управления биологических систем широко используются и обратные связи. Они и другие связи, и другие принципы управления имеют большое значение для технологических подходов к функционированию биологических систем.

Принцип компромисса. Адаптивность является важнейшим свойством биологических систем, но возможность адаптации ограничена многими факторами. С ограничением адаптивных процессов тесно связан и принцип компромисса, заключающийся в невозможности одновременного поддержания всех функций и подсистем целостного организма на оптимальном уровне.

Принцип оптимального компромисса чрезвычайно широк и дает возможность интерпретировать многие особенности деятельности живых систем. Он полезен также для понимания свойств популяции и экосистем, где каждый член осуществляет меньший объем работы и имеет меньшее значение, чем это могло бы иметь место при увеличении биологического пространства. Принцип компромисса объясняет неустойчивость, неспособность к длительному существованию искусственных систем, где он не соблюдается.

Принципы построения искусственных технологий с биологическими объектами. Естественные технологии, в свою очередь, не могут не влиять на развитие технических технологий производственных, по крайней мере, по двум причинам: 1) производственные технологии становятся частью более широкого комплекса, включающего как искусственные, так и естественные технологии, и, следовательно, должны быть частью синтехнологий, т.е. синтетических технологий, сочетающих технические и естественные технологии; 2) многие закономерности естественных технологий уже сейчас используются в производственных технологиях, и этот процесс будет усиливаться по мере нашего более глубоко-

го понимания естественных технологий.

Признание естественных технологий влечет за собой многочисленные теоретические и практические следствия, касающиеся биологии, промышленности, сельского хозяйства, медицины и т.д. Наука становится технологичной, а технология – естественнонаучной. Взаимодействие естественных процессов и технологий неизбежно.

Технология в новом понимании – это наука об организованных процессах в живой и неживой природе. Организованный процесс характеризуется определенной программой, структурой, осуществляющей данный процесс, и управляющей системой, реализующей контроль и регулирование деятельности системы. Он идет с затратой энергии и в большинстве случаев обладает некоторым эффектом. Результатом этих процессов являются биотехнологии, в которых живые системы используются в качестве звеньев, реализующих производственные процессы. Этот синтез сейчас называют биотехническими системами.

Биологическими объектами, с которыми человек через машинные устройства взаимодействует в медицине, являются различные протезы, сердечные клапаны, стимуляторы ритма сердца и другие. От надежности их зависит жизнь пациентов.

В сельском хозяйстве объектом деятельности БТС является высокоорганизованное животное с развитой нервной системой. Во многих случаях взаимодействие машины и животного осуществляется при непосредственном контакте животного и машины (доение, стрижка, ветеринарное обслуживание). Отклонение от установленных параметров контакта по вине человека или из-за ненадежности машины приводит животных (и птиц) в стрессовое состояние, в результате чего они перестают функционировать (например, отдавать молоко) или вообще погибают из-за стрессов.

Как показывает статистика, потери по этой причине в масштабе страны огромны. Так, нарушение параметров микроклимата приводит к заболеванию 20-25% производительных животных. При этом привесы снижаются на 10-15%, а яйценоскость кур уменьшается на 12-15%. Отклонения от допустимых режимов работы доильных установок вызывают заболевания дойных коров маститами. В целом по стране из-за ненадежной работы технологических систем животноводческих комплексов недоиспользуется на 12-15% генетически обусловленный потенциал производительности сельскохозяйственных животных.

В полеводстве, т.е. там, где выращиваются культурные рас-



тения, прежде всего зерновые как основа продовольствия людей, происходит контакт человека, машины с почвой и растениями (а они живые). Снижение надежности этих связей снижает урожаи, приводит к тому, что срок службы культурных растений (например, пшеницы) сокращается до 12-15 лет, истощается почва, являющаяся основой нашей цивилизации, поскольку люди еще не научились производить искусственную пищу.

К большим потерям продукции добавляются затраты на обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники, которые ежегодно составляют от 30 до 50% ее балансовой стоимости.

БТС, работающие с простейшими организмами (выращивание дрожжей, генная инженерия и прочее), также могут снизить показатели, а то и вообще вырабатывать негодную продукцию вследствие снижения надежности функционирования.

Трудность совершенного приспособления производства к естественным технологиям в большинстве случаев связана с тем, что мы недостаточно их знаем. Любая развивающаяся наука рассчитана на прогнозирование, которое тем больше, чем перспективнее область знаний. В этом отношении моделирование естественных технологий в условиях производства имеет большие перспективы и будущность, но решение этих вопросов должно базироваться на прочном научном фундаменте.

## 2.4. Диагностика состояния оборудования

Техническая диагностика – отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы (машины, оборудование). Под дефектом понимают любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым его свойствам.

Обнаружение и поиск дефектов – процессы определения технического состояния объекта, объединяемые общим термином «диагностирование». Оно направлено на снижение трудоемкости обслуживания машин, эксплуатационных затрат и повышение качества работ. Достигают это своевременным обнаружением и предотвращением отказов, сохранением оптимальных регулировок, сокращением простоев машин и оборудования из-за технических неисправностей. При этом проводят безразборную оценку состояния машин и оборудования, позволяющую давать рекомендации по выполнению определенных ремонтно-технических воздействий или замене сборочных единиц и деталей. Выполнение только не-

обходимых операций по регулированию и ремонту механизмов сокращает расход запасных частей.

Диагностирование применяют практически при всех видах технического обслуживания и ремонта машин и оборудования. В последнее время диагностирование нашло применение при доборке машин в процессе предпродажного обслуживания, сертификации сервисных работ, техосмотре, оценке стоимости при приобретении и продаже подержанных машин и агрегатов. В связи с повышением конструктивной сложности машин область применения диагностирования значительно расширилась за счет контроля параметров при технологическом регулировании (настройке), а также при автоматизации различных технологических процессов.

Основные задачи диагностирования:

- проверка исправности (работоспособности) машин (оборудования) или их составных частей;
- поиск дефектов;
- сбор исходных данных для прогнозирования остаточного ресурса составных частей;
- выдача рекомендаций по результатам диагностирования о виде, объеме, месте и сроке ремонтно-обслуживающих работ.

Для каждой диагностируемой машины устанавливаются нормативные показатели исправности (работоспособности) при использовании, техническом обслуживании и ремонте.

#### **2.4.1. Основные понятия диагностики**

Диагноз (в переводе с греческого "диагнозис") – распознавание, определение. В медицине это состояние человека, в технике – определение качества функционирования технического объекта.

В соответствии с ГОСТ 20911-89 различают понятие диагностики как отрасли знаний и как области практической деятельности. В первом случае используется термин "техническая диагностика", во втором - "техническое диагностирование".

Техническая диагностика – это отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства определения технического состояния объекта в заданный момент времени, обнаружения и поиска его неисправностей.

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной

точностью без его разборки.

Объектом технического диагностирования (ОД) называют изделие, его составные части или детали, техническое состояние которых подлежит определению.

Средства диагностирования – система получения и переработки информации.

Система технического диагностирования (СТД) представляет собой совокупность средств, объекта диагностирования и исполнителей, подготовленная к получению и переработке информации о техническом состоянии ОД. Взаимодействие их показано на рис.2.4.1.

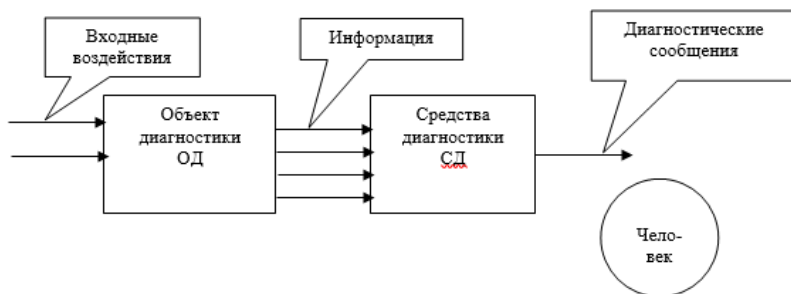


Рис.2.4.1 Система диагностики пищевых машин

Система диагностики является частным случаем информационной системы «человек – машина». В отличие от системы «человек – машина» в системе диагностики человек не управляет машиной, а управляет движением информации о работе машины для получения диагностических сообщений о её работе.

На входе системы действуют внешние воздействия на машину, в том числе режимные (подача, скорость и т.п.), свойства исходного сырья. Система обеспечивает циркуляцию и преобразование сигналов «воздействие», «информация», «диагностическое сообщение».

Выходным сигналом системы являются диагностические сообщения о состоянии машины (качественные показатели работы, технические характеристики, наличие и места дефектов и др.). Это итог деятельности СД. Человек, получив диагностические сообщения, делает заключение о техническом состоянии машины и её дальнейшей судьбе (работает нормально, продолжить эксплуатацию, нуждается в техобслуживании, ремонте конкретных узлов, капитальном ремонте, требует замены на более современную или дальнейшая эксплуатация невозможна – в утилизацию). В случае необходимости человек может управлять работой средств диагностики (переключать каналы, датчики, изменять усиление, законы

преобразования сигналов, задавать объёмы и режим проверки и т.п.).

При решении этой задачи, в зависимости от момента времени, при котором требуется определить техническое состояние машины, различают три взаимосвязанных и дополняющих друг друга направления (рис.2.4.2):

- техническая диагностика, т.е. определение технического состояния машины на данный момент времени;

- техническая прогностика, т.е. научное предсказание технического состояния машины, в которой она окажется в некоторый будущий момент времени;

- техническая генетика, т.е. определение технического состояния машины, в котором она находилась в некоторый момент времени в прошлом (в технической литературе часто вместо термина техническая генетика используется термин техническая ретроспекция).

Техническая прогностика базируется на теории технического прогнозирования. При прогнозировании используется метод экстраполяции, т.е. метод определения значений величин, лежащих вне интервала известных ее значений, направленных в будущее.

Направление техническая генетика используется реже, в основном в случаях, связанных с расследованием причин аварий сложных машин. В этой ситуации возникает потребность определения технического состояния машины, в котором она была в прошлом, до момента аварии, чтобы выяснить первопричину, вызвавшую аварию. Для определения технического состояния машины в прошлом используется метод интерполяции, т.е. метод отыскания значений величин, лежащих вне интервала известных ее значений, направленных в прошлое.

При решении задачи определения технического состояния машины в данный момент времени (направление техническая диагностика) используется теория технического диагностирования, которая является частью как теории генезиса, так и теории прогноза, поскольку в том и другом случаях знание состояний маши-

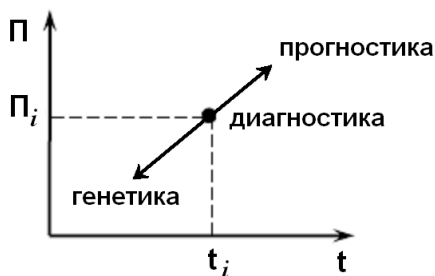


Рис.2.4.2. Направления технической диагностики

ны в настоящий момент времени является обязательным.

Развитие технической диагностики в последние годы объясняется созданием и применением в народном хозяйстве все более сложных технических машин, к каким относится и оборудование для зернопереработки.

При разработке теоретических основ технической диагностики можно выделить следующие этапы:

- изучение конструкции машины, и в особенности параметров, характеризующих ее техническое состояние;
- выбор выходных параметров для целей диагностирования;
- построение математической модели изменения технического состояния машины (изменение ее структурных и диагностических параметров);
- определение нормативных значений диагностических параметров;
- разработка методов, средств и технологии диагностирования;
- разработки методики постановки диагноза.

#### **2.4.2. Параметры, характеризующие работоспособность машины**

В практике эксплуатации сложных машин, когда вопрос касается определения работоспособности машины в данный момент, принято говорить о техническом состоянии машины.

Техническое состояние машины – это состояние, определяющее уровень работоспособности машины в эксплуатации, т.е. нахождение машины в интервале от работоспособного до неработоспособного состояния.

Техническое состояние любой машины оценивается совокупностью изменяющихся параметров, характеризующих её состояние. В практике эксплуатации машин принято оценивать техническое состояние машины в целом и её элементов по величине структурных или диагностических параметров.

Структурные параметры определяют связи между деталями в агрегатах, механизмах или системах машины.

Диагностические параметры – это косвенные физические величины, удобные для измерения и связанные определенной зависимостью со структурными параметрами. Пользуются ими в том случае, когда структурные параметры очень сложно измерить, в основном из-за необходимости разборки узла или агрегата машины. Структурные параметры – это физические величины, характеризующие структуру элементов машины, их связь и взаимодействие

между собой и средой.

Структурные параметры определяются геометрическими размерами элемента, механическими, гидравлическими, электрическими, тепловыми и другими величинами и измеряются в миллиметрах, градусах, зазорах, натягах и т.д. (рис.2.4.3).

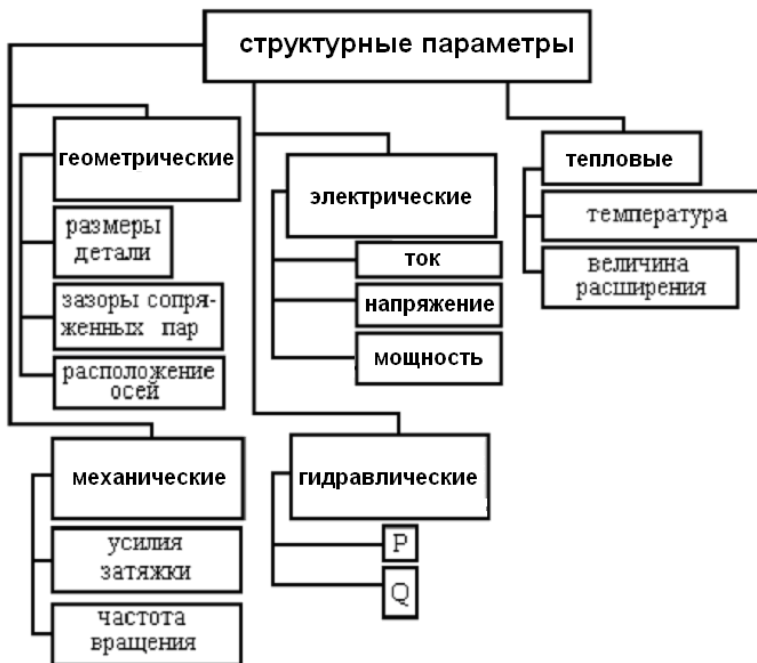


Рис.2.4.3. Классификация структурных параметров

Структурные параметры характеризуются: начальными (номинальными) значениями ( $U_n$ ); предельными значениями ( $U_{PR}$ ); скоростью изменения параметров ( $VU$ ).

Под начальным значением параметра понимается величина, которая имеет место после сборки машины на заводе (чаще после приработки).

Под предельным значением параметра понимается такое его значение, при достижении которого наступает отказ машины, т.е. машина становится неработоспособной. Предельно возможное значение параметра – это наибольшее или наименьшее его значение, которое может характеризовать неработоспособное изделие.

Скорость изменения параметра

$$V_U = \frac{U_{iD} - U_H}{t_f},$$

где  $t_0$  – наработка машины на отказ.

Для оценки технического состояния машины, её узлов или агрегатов необходимо определить текущее значение структурного параметра и сравнить его с нормативным. Однако в большинстве случаев измерить структурный параметр без разборки узла или агрегата практически невозможно.

Разборка узла с целью изменения структурного параметра связана, во-первых, со значительными трудовыми затратами и, во-вторых, что наиболее важно, каждая разборка и нарушение взаимного положения приработавшихся деталей приводит к сокращению остаточного ресурса на 10-30%.

Учитывая вышеизложенное, в практике эксплуатации машин используют метод косвенных измерений. В этом случае выбирают выходной параметр, удобный для измерения и связанный определенной зависимостью с требуемым структурным параметром, и измеряют его. Зная взаимозависимость выходного параметра со структурным параметром, можно определить техническое состояние машины по выходному параметру. Эти выходные параметры, используемые для оценки технического состояния машин, принято называть диагностическими.

Таким образом, диагностический параметр – это физическая величина, изменяющаяся соответственно структурному параметру, удобная для измерения и используемая для оценки технического состояния машин.

По физической сущности диагностические параметры подразделяются (рис.2.4.4):

- на параметры рабочих процессов;
- параметры сопутствующих процессов;
- физические величины, не меняющиеся адекватно конкретным условиям.

## Название дисциплины

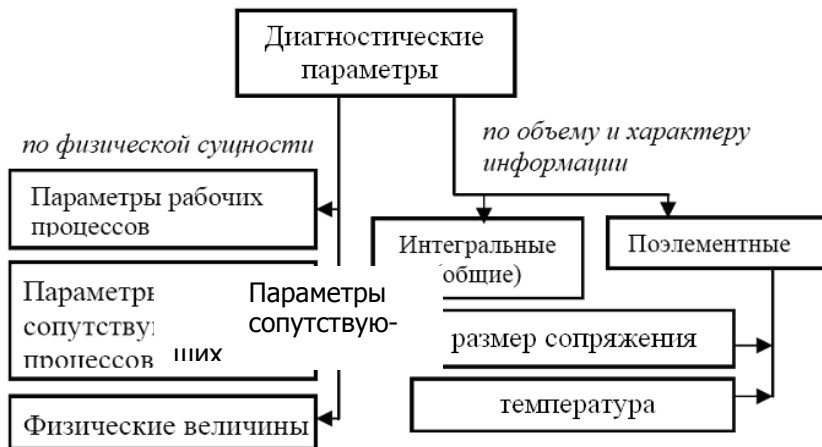


Рис.2.4.4. Классификации диагностических параметров

Параметры рабочих процессов – это параметры, которые определяют собой рабочие функции, ради которых изготовлена данная машина. Применительно к машинам зернопереработки в качестве диагностических используются следующие параметры рабочих процессов:

- технико-экономические параметры (производительность, расход энергии);
- параметры качества получаемого продукта;
- скоростные характеристики;
- экологические характеристики (дымность, шум, вибрация).

Параметры сопутствующих процессов – это неизбежные и в большинстве случаев бесполезные процессы разнообразного характера, возникающие попутно с рабочими процессами. Иногда в литературе сопутствующие процессы называют паразитными процессами, подчеркивая этим их бесполезность и даже вредность. Это вибрация, стуки, тепловыделения и другие процессы.

В большинстве случаев сопутствующие выходные процессы обладают определенными характеристиками и параметрами, изменяющимися адекватно структурным параметрам. В этом случае показатели этих сопутствующих процессов можно использовать для оценки технического состояния машины.

Применительно к машинам зернопереработки в качестве диагностических используются следующие параметры сопутствующих процессов:

- давление в рабочих объемах (величина давления, падение



Название дисциплины

давления, перепад давления, пульсация давления, например в парогенераторах или кондиционировании зерна);

- температура нагрева поверхности рабочих элементов оборудования (температура, скорость нарастания температуры, разность температур, например – зерносушилки);

- уровень вибрации и шума (частота, амплитуда, фаза, интенсивность звука, высота звука, тембр звука, громкость звука и т.д.; практически все машины);

- электрические и магнитные характеристики и их изменения (сила тока, напряжение, мощность тока, электрическое сопротивление, ёмкость, магнитная индуктивность, магнитная проницаемость и т.д.; машины для электромагнитной обработки зерна);

- физико-химический состав отработанных эксплуатационных материалов процент содержания посторонних продуктов в переработанных материалах, качество промежуточных продуктов (прессы моченых отходов, зерносушилки).

При определении технического состояния машины возможно измерение некоторых физических параметров, находящихся в тесной взаимосвязи со структурными параметрами, характеризующими техническое состояние машины. По физической сущности их можно разделить на следующие группы:

- геометрические (длина, площадь, плоский угол, телесный угол, кривизна линии, кривизна поверхности и др.);

- кинематические (время, скорость, ускорение, угловая скорость, угловое ускорение, период, частота периодического процесса, фаза, объемный расход);

- статические (масса, сила, давление).

По объему и характеру информации диагностические параметры делятся на общие (интегральные) и поэлементные.

Общие параметры характеризуют техническое состояние объекта в целом. Они в большинстве случаев не дают сведений о конкретной неисправности машины.

Поэлементные параметры – это показатели, которые указывают на вполне конкретную неисправность узла или механизма машины.

Связь между структурными (U) и диагностическими (S) параметрами может быть однофакторной или многофакторной. Однофакторная зависимость – это когда изменению одного структурного параметра соответствует изменение одного диагностического параметра. При многофакторной зависимости изменение одного или нескольких диагностических параметров соответству-

Название дисциплины

ют изменению одного или нескольких структурных параметров (рис. 2.4.5).



Рис.2.4.5. Классификация связей между структурными и диагностическими параметрами (U- структурный параметр, S – диагностический)

Многофакторная зависимость хорошо выражается структурно следственными схемами. Такая схема увязывает в единое целое структурные и диагностические параметры схемы (рис.2.4.6).

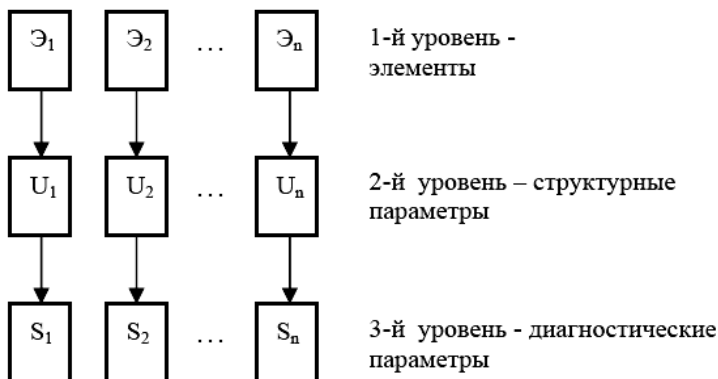


Рис.2.4.6. Структурно-следственная схема многофакторной зависимости между U и S

При разработке методов диагностирования машин часто возникает ситуация, когда у машины имеется большое количество выходных параметров, и требуется сделать выбор, какой из этих параметров можно и целесообразно принять в качестве диагностического.

Для того чтобы выходной параметр мог использоваться в качестве диагностического, он должен удовлетворять требованиям однозначности и технологичности.

Требование однозначности заключается в том, что все те-

кущие значения диагностических параметров должны однозначно соответствовать значениям структурного параметра в интервале изменения технического состояния объекта. Математически это требование определяется условием  $dS/dU \neq 0$ , т.е. отсутствием перехода функции от возрастания к убыванию или наоборот (рис. 2.4.7).

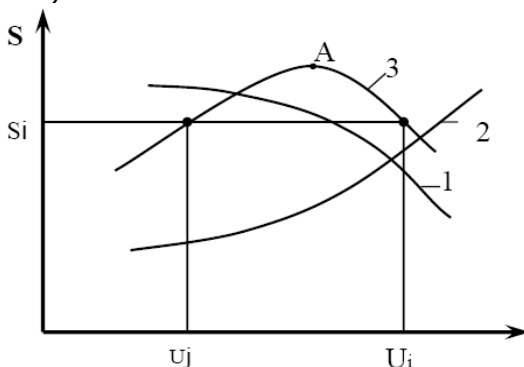


Рис.2.4.7. Схема понятия «требование однозначности диагностического параметра»:

кривая 1 – убывающая функция, кривая 2 – возрастающая функция; 3 – кривая с экстремумом

Кривые 1 и 2, отражающие изменение диагностического параметра в зависимости от структурного, соответствуют требованию однозначности, а кривая 3 – не соответствует требованию однозначности, так как имеет экстремум в точке А.

Из рис.4.2.7 видно, что выходной параметр S не может быть взят в качестве диагностического, т.к. одному и тому же значению  $S_i$  соответствуют два значения структурного параметра  $U_1$ , и  $U_2$ , что может привести к ошибке диагноза.

Технологичность – это возможность измерения выходного параметра с минимальными затратами труда и средств. Технологичность определяется удобством подключения диагностической аппаратуры, простотой измерения и обработки результатов измерения. Характеризуется трудоемкостью и стоимостью диагностирования.

Если измерение выходного параметра превышает стоимость измерения самого структурного параметра, то такой выходной параметр, как правило, не рекомендуется использовать в качестве диагностического.

При ситуации, когда один и тот же структурный параметр может быть оценен несколькими диагностическими, выбор прово-

дится на основе следующих свойств диагностического параметра: чувствительности, стабильности и информативности.

Чувствительность диагностического параметра характеризуется скоростью его приращения ( $dS$ ).

Стабильность диагностического параметра характеризуется наибольшим отклонением его величины от среднего значения, характеризующего рассеивание параметра при наименьших условиях измерений. Чем меньше рассеивание, тем выше стабильность. Происходит это в основном из-за ошибки метода диагностирования. Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки объекта диагностики.

Информативность – свойство, характеризующее достоверность диагноза и применяемое для параметров, имеющих многофакторную зависимость между собой.

Информативность определяется вероятностью существования неисправности при положительном значении диагностического параметра (вероятность правильной постановки диагноза).

Экономичность – свойство, характеризующее стоимость оценки технического состояния машины с использованием конкретного диагностического параметра. Чем меньше стоимость, тем параметр более предпочтителен.

Графическая модель изменения диагностического параметра в зависимости от наработки машины зависит от вида связи между структурным ( $U$ ) и диагностическим ( $S$ ) параметрами.

Если связь между  $S$  и  $U$  однофакторная, функциональная, то модель изменения диагностического параметра будет аналогична модели изменения структурного параметра.

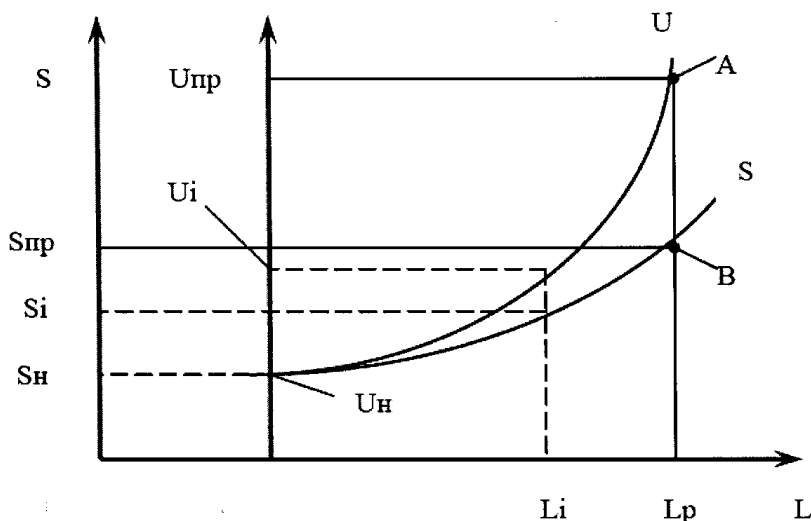


Рис.2.4.8. Графическая модель изменения параметров.

Связь между  $S$  и  $U$  однофакторная, функциональная

На рис.2.4.8 представлена графическая модель изменения структурного и диагностического параметров (для наглядности начальные значения  $U_n$  и  $S_n$  совмещены). Предельное значение диагностического параметра  $S_{пр}$  находится по определенному значению структурного параметра ( $U_{пр}$ ),

### 2.4.3. Диагностические нормативы

Для количественной оценки технического состояния машин необходимо знать следующие диагностические нормативы (рис.2.4.9):

- начальное значение диагностического параметра ( $S_n$ );
- предельно допустимое значение диагностического параметра ( $S_{пд}$ );
- периодичность диагностирования ( $t_d$ ).



Рис.2.4.9. Формирование диагностических нормативов:  
 $t_d$  – периодичность диагностирования

Нормативы определяются ГОСТами, заводами-изготовителями, отраслевыми руководящими материалами.

Начальное значение диагностического параметра устанавливается, как правило, после периода приработки машины. Это объясняется тем, что процесс приработки машины не характерен для всего жизненного цикла машины и он достаточно короткий. Он отличается тем, что структурные и диагностические параметры в этот период изменяются по законам, нехарактерным для периода нормальной эксплуатации машины.

Под предельно допустимым значением диагностического параметра понимается такое его значение, при котором объект находится в предотказном состоянии (объект неисправен).

Предельно допустимое значение диагностического параметра для большинства машин устанавливается:

- заводами-изготовителями (следует отметить, что заводы не всегда приводят в технической документации предельно допустимые параметры);
- научно-исследовательскими институтами или эксплуатационными предприятиями.

Предельно допустимое значение диагностического параметра определяется с использованием, в основном, двух методов:

- по предельно допустимому значению структурного параметра (по  $U_{нд}$ );
- по результатам диагностирования машин, находя-

щихся в эксплуатации (статистический метод).

В практике эксплуатации машин информацию о значениях диагностических параметров машин получают либо постоянно, либо периодически, т.е. дискретно.

Для сложных машин постоянную диагностическую информацию получают только для наиболее важных параметров.

Менее важная диагностическая информация поступает периодически, во время очередного диагностирования машины. В этом случае очень важно определить, через какую оптимальную величину наработки необходимо получать диагностическую информацию, т.е. производить диагностирование оборудования. Этот норматив называется периодичностью диагностирования.

По сути это нормативная наработка между двумя последовательно проводимыми однородными диагностическими работами. Этот норматив определяется как основа характеристик надёжности оборудования и величины затрат, необходимых для проведения его диагностирования. При уменьшении периодичности диагностирования информация о значениях диагностических параметров поступает чаще, что положительно, но при этом растут затраты на проведение диагностирования. С учетом этого периодичность диагностирования должна быть оптимальной.

#### 2.4.4. Режимы диагностирования

В общем виде процесс диагностирования объекта включает в себя два этапа:

- задание соответствующих режимов работы объекта диагностирования;
- измерение его выходных параметров на заданных режимах.

В зависимости от способа воздействия на объект диагностирования различают режим функционального диагностирования и режим тестового диагностирования.

При режиме функционального диагностирования все задачи технического диагностирования решаются при работе машины по назначению. Отличительной особенностью функционального диагностирования является то, что на объект диагностирования поступают только рабочие воздействия и проверяются функциональные возможности машины и её частей в режиме нормальной эксплуатации.

Системы функционального диагностирования (СФД) используют для проверки правильности функционирования объекта и поиска неисправностей, нарушающих нормальное функциониро-

## Название дисциплины

вание в рабочем режиме. Эти системы работают при применении объекта по назначению (рис.2.4.10).

Средства функционального диагностирования могут быть внешними или встроенными, автоматическими, специализированными, аппаратурными или программными. Встроенные называют средствами встроенного контроля, часто они входят в систему автоматического контроля машины (САК).



Рис.2.4.10. Система функционального диагностирования

Иерархическая организация объекта в целом определяет соответствующую иерархию организации его диагностического обеспечения. Первый вопрос, возникающий перед разработчиком диагностического обеспечения, формулируется так: нужна ли система функционального диагностирования для рассматриваемого объекта диагностирования (ОД)?

Система функционального диагностирования не нужна в том случае, когда значение вероятности  $P(t)$  безотказной работы ОД в конце длинного периода непрерывного его применения по назначению (например, периода между профилактическими проверками) не ниже допустимого.

СФД необходима тогда, когда независимо от значения вероятности безотказной работы (которое всегда меньше единицы) следует обеспечить заданную высокую вероятность правильного функционирования ОД. В этом случае средства функционального диагностирования предотвращают выдачу неправильных значений сигналов или воздействий на выходе ОД. При этом должна быть обеспечена безотказность средств диагностирования (за максимальный период применения ОД по назначению) или системы диагностирования (СД) должны быть выполнены самопроверяемыми. Вопрос о необходимости СФД



## Название дисциплины

решается диагностами совместно со специалистами по надежности. Если принято решение о необходимости СФД, диагност приступает к ее разработке в соответствии со схемой, приведенной на рис.2.4.10.

Отличительная особенность тестового диагностирования – возможность подачи на объект диагностирования специально организуемых (тестовых) воздействий. Схема диагностирования приобретает вид, показанный на рис.2.4.11.

Тестовые воздействия реализуются специальным устройством нагружения для механических воздействий или специальных генераторов сигналов для электрических воздействий. Необходимость источника типовых воздействий является недостатком систем технического диагностирования (СТД).

Тестовые воздействия на ОД вызывают его фактическую реакцию, характеризуемую параметрами. Совокупность параметров, измеренных у оборудования, подвергающегося техническому диагностированию, называется реальной сигнатурой.

Эта реакция сравнивается с расчётной (калибровочной) реакцией, называемой иногда эталонной сигнатурой. Эталонная сигнатура – совокупность параметров оборудования, которые обеспечивают заданную производительность при качестве выполнения им требующейся технологической операции, отвечающей техническим условиям.

Заключение о исправности ОД делают на основании сравнения реальной и эталонной сигнатур. Сравнение может делаться с помощью технических средств, но чаще всего из-за сложности осуществляется человеком, имеющим соответствующий опыт. По результатам сравнения оценивается исправность всей машины или отдельных её узлов.

С помощью систем тестового диагностирования обычно решают задачи проверки исправности и работоспособности объекта, а также поиска неисправностей (всех или только нарушающих работоспособность). Эти системы работают, как правило, в нерабочем режиме объекта.

Средства тестового диагностирования чаще всего бывают внешними, а не встроенными, аппаратными, программными, универсальными или специализированными.

При выборе средств систем тестового диагностирования для проверки исправности, работоспособности и поиска дефектов ОД,

## Название дисциплины

являющихся составными частями объекта в целом, может потребоваться учет большего числа факторов, чем при выборе средств функционального диагностирования. Решения, предлагаемые диагностом, должны быть согласованы с разработчиком соответствующего ОД.

Хотя СТД не работают при рабочих воздействиях в условиях нормальной эксплуатации, по результатам тестирования можно судить не только об исправности, но косвенно и о работоспособности ОД. При этом опираются на положения теории надёжности, согласно которой исправный ОД всегда является работоспособным. Проведение проверки работоспособности вместо проверки исправности часто является вынужденной мерой, продиктованной, например, дефицитом времени, выделенного на проверку, или какими-либо другими ограничениями.

Средства диагностики и человек дополняют друг друга. В зависимости от распределения функций между техническим СД и человеком различают:

автоматические СД – когда система не требует управления или иного вмешательства от человека;

- автоматизированные СД, когда часть операций по получению и переработке информации выполняется вручную;
- ручные СД, когда получение и переработка информации в диагностические сообщения производится человеком (не путать с субъективной диагностикой: субъективная всегда ручная, но ручная не всегда субъективная);
- аппаратные, когда переработка информации осуществляется с помощью аппаратов и приборов;
- программные, когда в составе технических СД имеются средства вычислительной техники (СВТ), работающие по заданной программе; это современный уровень построения СД, имеющий большие возможности переработки информации в диагностические сообщения

Измерение диагностического параметра производится, как правило, с помощью датчиков (табл. 2.4.1).

Таблица 2.4.1

Типы и разновидности датчиков и соответствующие диагностические параметры

## Название дисциплины

№ п/п	Группа параметров	Параметры	Приборы, датчики, инструменты
1	Геометрические	Длина, площадь, кривизна линии или поверхности	Измерительные инструменты
2	Кинематические	Время, скорость, ускорение, фаза, объемный расход	Часы, секундомеры, акселераторы, измерители интервалов времени и т.д.
3	Электрические магнитные	Сила тока, электрическое сопротивление, электрический заряд, напряжение, емкость, магнитная индукция, напряженность магнитного поля, индуктивность, магнитная проницаемость	Амперметры, вольтметры, ваттметры и т.д.
4	Статические и динамические	Масса, сила, давление, энергия, мощность, коэффициент трения, коэффициент сопротивления, момент силы, момент инерции, массовый расход, массовая скорость потока	Масса – весы, сила – динамометры; давление – манометры; вакуумметры; расход – расходомеры; ротаметры; счетчики объемного типа
5	Механические и молекулярные	Плотность, вязкость, количество вещества, твердость, текучесть, концентрация	Вискозиметры; ареометры, масс-спектрографы
6	Тепловые	Температура, количество теплоты, тепловой поток, температурные коэффициенты	Термометры, электротермометры, термоиндикаторы, тепловизоры
7	Акустические	Параметры вибрации и шума, звуковое давление, интенсивность звука, высота, тембр и громкость звука, акустический коэффициент поглощения	Вибрация – виброизмерительная аппаратура; шум – измерительные микрофоны
8	Излучений	Сила света, яркость, освещенность	Люксометры, фотореле
9	Внешние признаки	«Поведение» объекта, осязаемые изменения уровня шума, вибрации, температуры, параметров движения и т.д.	Органы чувств человека, опыт его работы, интуиция

По функциональному назначению датчики подразделяются на преобразователи и пороговые датчики.

По способу подключения к объекту диагностики датчики подразделяются на легкосъёмные и встроенные (рис. 2.4.12).

Датчики-преобразователи обеспечивают преобразование контролируемого параметра в величину, удобную для ее передачи к измерительным и логическим системам контроля. Такое преобразование необходимо при контроле как электрических, так и неэлектрических выходных параметров.

В процессе преобразования информация о величине контролируемого параметра не должна теряться, поэтому чаще всего применяется линейное преобразование, когда выходное постоянное напряжение датчика пропорционально величине контролируемого параметра. В этом случае датчик-преобразователь называется линейным.

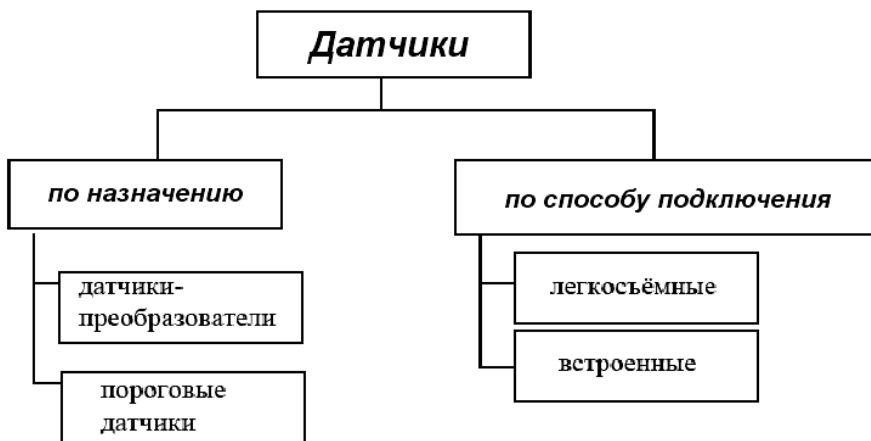


Рис.2.4.12. Классификация датчиков

Пороговым датчиком является такое устройство, которое самостоятельно оценивает контролируемый параметр по принципу: «в норме» – «не в норме». Если контролируемый параметр находится в пределах установленного допуска, то пороговый датчик выдает сигнал одного потенциала или знака. При выходе контролируемого параметра за пределы поля допуска выдается сигнал другого потенциала или знака.

В простейших системах сигнал от датчика передается на регистрирующие или индикаторные устройства. Регистрирующие устройства – это стрелочные или цифровые указатели, а индика-

торные устройства – это подсвечивающие табло или звуковые сигналы. Датчик-преобразователь в сочетании с указателем представляет собой простейшее средство измерения любого параметра, в том числе и диагностического.

Пороговые датчики, как правило, работают в сочетании с индикаторным устройством. Эту систему можно отнести к простейшим средствам диагностики, поскольку сам пороговый датчик осуществляет допусковой контроль соответствующего параметра.

Легкосъемные датчики подсоединяются к объекту диагностики только на период проведения диагностических операций, а встроенные – постоянно вмонтированы в конструкцию объекта и являются его неотъемлемой частью. Встроенные датчики подразделяются на:

- постоянно работающие, т.е. постоянно информирующие об изменении контролируемого параметра;
- работающие только в период проведения диагностирования объекта.

В последнее время для контроля сложных машин используются специальные датчики-приборы, основанные на преобразовании электромагнитной энергии в световую или тепловую и наоборот. Такие датчики-приборы обычно не требуют непосредственного контакта с контролируемой машиной. Они просто устанавливаются вблизи машины и реагируют на электромагнитные или тепловые излучения, преобразуя их в световые или электрические сигналы (используются в зерновых сушилках и системах передачи материальных потоков с повышенной температурой).

#### **2.4.5. Оценка технического состояния машины**

Завершением процесса диагностирования является установление вида технического состояния. Различают следующие виды технического состояния: исправность и неисправность, работоспособность и неработоспособность, правильное функционирование и неправильное функционирование. Оно определяется на многих жизненных циклах машины: при проектировании, при изготовлении, эксплуатации, ремонте и хранении, но в разных объемах.

В табл.2.4.2 приведены задачи диагностирования с указанием, какие из них, на каком этапе и периоде жизненного цикла объекта находят применение.

Полностью все виды технического состояния проверяются с поиском дефектов при проведении ОКР на этапе проектирования,

## Название дисциплины

когда надо избежать ошибочных конструктивных решений. Ошибки проектирования представляют собой особый класс дефектов. Также все виды проверяются при наладке, когда заказчику необходимо гарантировать исправность, работоспособность и правильность функционирования машины или аппарата.

Проверка исправности и поиск дефектов, нарушающих исправность, необходимы при изготовлении, наладке и ремонте объекта. Сдача объекта ОТК требует только проверки его исправности – неисправный объект возвращается изготовителю для поиска и устранения дефектов. Проверку работоспособности и поиск дефектов, нарушающих работоспособность, осуществляют обычно при техобслуживании (плановой, перед применением или после применения), а также после транспортирования и в процессе хранения объекта. Наконец, проверка правильности функционирования и поиск дефектов, нарушающих правильное функционирование, нужны в первую очередь при применении объекта по назначению и могут потребоваться в процессе наладки и при ремонте объекта.

Таблица 2.4.2  
Содержание задач диагностирования на этапах жизненного цикла объекта

Жизненный цикл машины		Виды технического состояния					
		Исправность		Работоспособность		Правильность функционирования	
Этап	Период	Проверка	Поиск дефектов	Проверка	Поиск дефектов	Проверка	Поиск дефектов
Проектирование	ОКР	х	х	х	х	х	х
Производство	Изготовление	х	х				
	Наладка	х	х			х	х
	ОТК	х					
Монтаж		х					
Наладка		х	х	х	х	х	х
Эксплуатация	Машиноиспользование					х	х
	Техобслуживание			х	х		

## Название дисциплины

	Ремонт	х	х			х	х
Хранение	Проверка			х	х		

Проверку исправности объекта проводят на этапе производства; такая проверка позволяет узнать, содержит ли созданный объект дефектные компоненты (детали, элементы, блоки, узлы и т.п.), а их монтаж – ошибки. Проверка исправности является основой деятельности производственных отделов технического контроля. На этапе эксплуатации проверяют: в условиях ремонта – все ли имевшиеся в объекте неисправности устранены; в условиях хранения – не возникли ли какие-либо неисправности за время хранения объекта. При техобслуживании объекта в процессе применения необходимо установить, в состоянии ли объект выполнить все свои функции, т.е. проверить работоспособность объекта. Проверка работоспособности может быть менее полной, чем проверка исправности, т.е. после проверки могут остаться необнаруженными неисправности, которые не препятствуют применению объекта по назначению. Например, объект с резервированием может быть работоспособным несмотря на наличие неисправностей в резервных компонентах или связях.

На этапе эксплуатации в процессе применения объекта по назначению часто необходимо проверить правильность функционирования, т.е. выявить неисправности объекта, нарушающие его нормальную работу в текущий момент реального времени. Проверка правильности функционирования является менее полной, чем проверка работоспособности, так как позволяет убедиться только в том, что объект правильно функционирует в данном режиме работы в данный момент времени. Однако в правильно функционирующем объекте возможны неисправности, которые могут быть причиной неправильной работы объекта в других режимах, тогда как работоспособный объект правильно функционирует во всех режимах.

Необходимо помнить, что исправный объект всегда работоспособен и функционирует правильно; неправильно функционирующий объект всегда неработоспособен и неисправен. Правильно функционирующий объект может быть неработоспособным и, значит, неисправным. Работоспособный объект также может быть неисправным.

Диагностирование проводят и при техническом обслуживании и ремонте машин. В задачу диагностирования при этом входят проверка исправности и работоспособности машины в целом и ее составных частей, поиск дефектов, нарушающих исправность

или работоспособность, и установление исходных данных для определения остаточного ресурса. В результате диагностирования даются конкретные рекомендации о необходимости регулирования механизмов, ремонта или замены составных частей.

В зависимости от поставленной цели проводят следующие виды диагностирования: в процессе технического обслуживания, заявочное и ресурсное.

Диагностирование в процессе технического обслуживания выполняют в соответствии с планом технического обслуживания (при ТО-1, ТО-2). Результаты диагностирования мастер-наладчик заносит в диагностическую карту, которая служит основным документом для слесарей при выполнении технического обслуживания.

Для машин предусмотрены два основных вида технического диагностирования: Д-1 и Д-2, соответствующих периодичности ТО-1 и ТО-2. Диагностирование Д-1 проводится для выявления неисправностей механизмов и систем, определяющих безопасность работы, а также соединений, имеющих малую наработку на отказ. При Д-2 проверяют эффективность рабочих процессов по качественным показателям, расходу энергии, по величине механических потерь, уровню шума, составу отработавших газов. Целью Д-2 является поиск неисправностей, устранение которых требует выполнения трудоемких ремонтных работ.

Заявочное диагностирование выполняют по заявкам оперативного персонала или при отказах машин (снижение мощности, появление стуков и шума, чрезмерный нагрев и т. п.). Цель такого диагностирования – выявление причины отказа, вида дефекта или неисправности, которые будут устранены при неплановом ремонте.

Ресурсное диагностирование машин проводят после межремонтной наработки. Диагностирование охватывает весь комплекс работ по определению технического состояния и прогнозированию остаточного ресурса всех составных частей и машины в целом.

При ремонте проводят следующие виды диагностирования: предремонтное, приремонтное и послеремонтное.

*Предремонтное* диагностирование проводят непосредственно в хозяйствах, использующих технику, для определения вида ремонта (капитальный или текущий) и содержания ремонтных работ.

*Приремонтное* диагностирование в процессе ремонта проводят во время производственного цикла ремонта объекта, после



очистки и частичной разборки. Этот вид диагностирования позволяет выявить такие составные части машины и соединения деталей, которые могут быть отремонтированы необезличенным методом без полной разборки; проверить ресурсные и нересурсные параметры, а также позволяет определить трудоемкость ремонта.

*Послеремонтное* диагностирование проводят на ремонтном предприятии для оценки качества ремонта и значения восстановленного ресурса.

Датчики и другие системы диагностирования не застрахованы от выдачи ошибочных результатов. В технической диагностике признание исправного объекта неисправным относится к *ошибкам первого рода*, а признание неисправного объекта исправным – к *ошибкам второго рода*.

Применительно к зерноперерабатывающему оборудованию ошибки первого рода приводят к неоправданным разборочно-сборочным работам. Ущерб от ошибок второго рода сводится к простоям машин и всей линии. Кроме того, ошибки второго рода, допущенные при оценке технического состояния машины, могут привести к ощутимым потерям продукта из-за снижения качества функционирования.

В общем виде схема постановки диагноза в этом случае должна быть дополнена оценкой качества постановки диагноза (рис.2.4.13, 2.4.14).

Название дисциплины

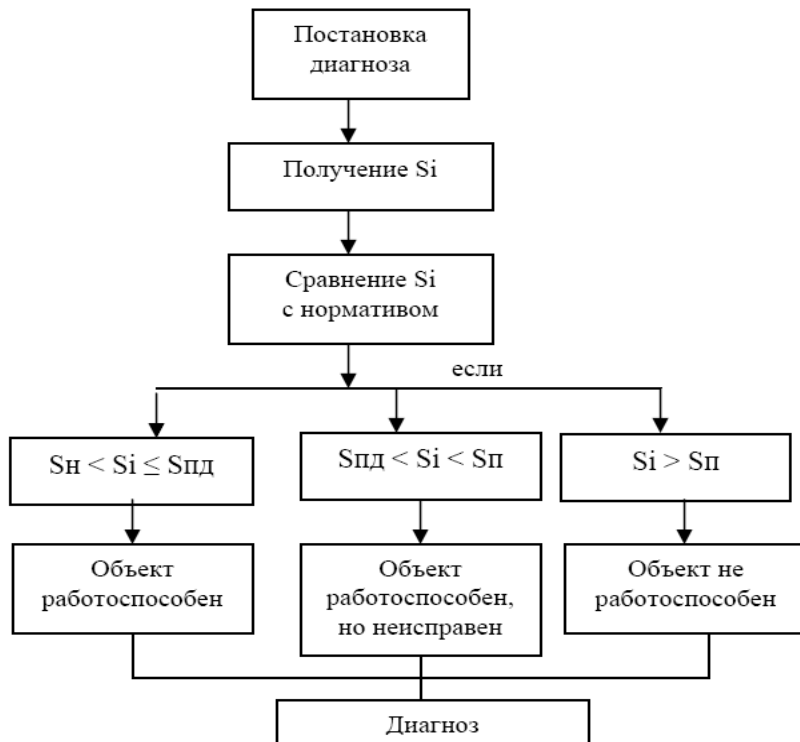


Рис.2.4.13. Схема постановки диагноза при функциональной зависимости  $S$  от  $U$  (зависимость детерминированная)

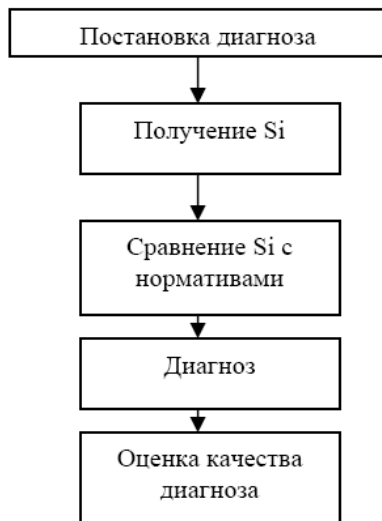


Рис.2.4.14. Схема постановки диагноза при стохастической зависимости между S и U

При оценке качества постановки диагноза, как правило, пользуются двумя величинами:

- погрешностью диагностирования;
- достоверностью диагностирования.

Погрешность диагностирования складывается:

- из погрешности измерения диагностического параметра;
- погрешности задания тестовых или функциональных воздействий на объект диагностики;
- погрешности метода диагностирования.

Суммарная погрешность диагностирования выражается:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{из}}^2 + \sigma_{\text{тр}}^2 + \sigma_{\text{мд}}^2},$$

где  $\sigma_{\text{из}}$  – среднеквадратичная погрешность измерения диагностического параметра;  $\sigma_{\text{тр}}$  – среднеквадратичная погрешность тестовых режимов;  $\sigma_{\text{мд}}$  – среднеквадратичная погрешность метода диагностирования.

Достоверность (надежность) диагноза – это вероятность того, что результат диагноза отличается от истинного технического состояния объекта на величину, не большую, чем погрешность постановки диагноза ( $D_x$ ). В общем виде интервал от ( $\bar{x} - D_x$ ) до

$(\bar{x} \pm Dx)$  называется доверительным интервалом (рис.2.4.15).

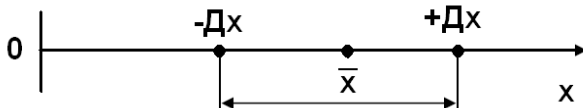


Рис.2.4.15. Определение доверительного интервала параметра диагностирования

Чем больше величина доверительного интервала (чем больше  $Dx$ ), тем с большей вероятностью искомая величина попадает в этот интервал.

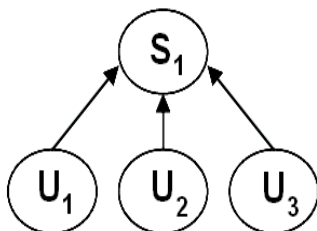


Рис.2.4.16. Схема многофакторной связи между  $S$  и  $U$

Многофакторная зависимость представляет собой, как правило, зависимость между одним выходным (диагностическим) параметром и несколькими структурными параметрами (рис.2.4.16).

Пример такой связи: определение технического состояния машины по величине шума. В этом случае величина шума как диагно-

стического параметра зависит от многих структурных параметров (практически от всех перемещающихся в машине деталей). Изменяя величину шума, можно оценить техническое состояние машины в целом.

При наличии такой зависимости постановка диагноза сводится также к сравнению текущего значения выделенного диагностического параметра, характеризующего техническое состояние конкретного элемента, с его предельно допустимым значением. Для того чтобы из общего значения выходного параметра (например, шума) выделить нужный параметр (например, параметр, характеризующий техническое состояние конкретного элемента), необходимо произвести соответствующую обработку общего выходного параметра. Эта обработка заключается в выделении полезного сигнала из общего выходного параметра и устранении помех (частотный, спектральный анализ).

Пример: при диагностировании машин по шуму для выяв-

ления полезного сигнала (сигнала, характеризующего техническое состояние нужного нам элемента машины) весь спектр шума раскладывают по амплитуде, по частоте, по времени и таким образом находят нужный сигнал. Все второстепенные сигналы при этом отфильтровываются, и диагностирование осуществляется только по оставшемуся сигналу.



Рис.2.4.17. Алгоритм диагностирования машин по спектральному частотному сигналу шума

Такая задача является типовой и для ее решения разработано соответствующее программное обеспечение. Алгоритм такой программы представлен на рис.2.4.17.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.4

## ИСТОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРИБОРОВ

измерениями.

Измерение – это один из способов познания. Измерения являются одними из важнейших информационных технологий. Развитие науки и техники тесно связано с измерениями. Научные исследования сопровождаются измерениями, позволяющими установить количественные соотношения и закономерности свойств изучаемых явлений.

Измерение физической величины – длины, площади, объема, веса, температуры – проводится опытным путем с помощью различных средств измерений, например, весов, термометра. В процессе измерения осуществляется нахождение опытным путем числового значения измеряемой величины, например длины, веса, температуры, в принятых единицах измерения. Сопоставление результатов измерения какой-либо величины и точек числовой прямой производится по шкале (лат. *scala* – лестница).

Например, мы смотрим, какому делению шкалы соответствует уровень жидкости в термометре и таким образом переводим замеренную температуру в число градусов (например, Цельсия или Реомюра), то есть кодируем ее – запоминаем или записываем в виде числа.

Д.И. Менделеев писал: "Наука начинается с тех пор, как начинают измерять: точная наука немислима без меры".

Человек столкнулся с необходимостью измерений в глубокой древности, на раннем этапе своего развития – в практической жизни, в земледелии, в торговле, строительстве своего жилья, дворцов, храмов. Людям потребовалось измерять расстояния, площади, объемы, вес и, разумеется, время.

Строители египетских пирамид эталоном длины считали локоть (расстояние от локтя до конца среднего пальца), древние арабы – волос из ослиной морды, англичане до сих пор пользуются



## Название дисциплины

королевским футом (в переводе с английского «фут» означает «нога»), равным длине ступни короля. Длина фута была уточнена с введением такой единицы, как шток. Это «длина ступней 16 человек, выходящих из храма от заутрени в воскресенье». Деля длину штока на 16 равных частей, получали среднюю длину ступни, ибо из церкви выходили люди разного роста. Длина фута стала равняться 30,48 см. Английский ярд также связан с размерами человеческого тела. Эта мера длины была введена королем Эдгаром и равнялась расстоянию от кончика носа его величества до кончика среднего пальца вытянутой в сторону руки. Как только сменился король, ярд удлинился, так как новый монарх был более крупного телосложения. Такие изменения длины вносили большую путаницу, поэтому король Генрих I узаконил постоянный ярд и приказал изготовить из вяза эталон. Этим ярдом в Англии пользуются до сих пор (длина его равна 0,9144 м). Для измерения небольших расстояний употреблялась длина сустава большого пальца (в переводе с голландского «дюйм» означает «большой палец»). Длина дюйма в Англии была уточнена и стала равняться длине трех ячменных зерен, вынутых из средней части колоса и поставленных друг к другу своими концами. Из английских повестей и рассказов известно, что крестьяне часто определяли высоту лошадей ладонями (рис.П2.4.1, табл.2.4.1).

Таблица П2.4.1

Система английских мер. Применяется в Англии, ее бывших колониях и в США (в последних с некоторыми указанными изменениями, см. примечание)

Наименование меры и единичные соотношения	В метрических мерах
1	2
1. Меры массы (веса)	
Английская тонна = 20 центнерам	1,0160470 т
(В США еще короткая тонна = 2000 торг. фунтам)	0,90718486 т
Центнер = 112 торг. фунтам = 4 квартам = 8 стопам	50,802352 кг
Торговый фунт = 16 торг. унциям = 7000 грана.	0,45359243 кг
Торговая унция = 16 драхам = 437,5 грамам	28,349527 г
Драхма	1,771845 г
Тройская унция = 20 пеннивейтам = 480 грамам	31,103481 г
Пеннивейт	1,555174 г
Гран = 1/7000 торг. фунтам	64,798919 мг

## Название дисциплины

1	2
2. Меры линейные	
Английская миля = 8 фурлонгам	1,60934 км
Фурлонг = 40 полям	201,168 м
Цепь = 4 полям = 22 ярдам.	20,1168 м
Поль, род или пэрч = 5,5 ярдам	5,02920 м
Ярд (основная единица) = 3 футам = 36 дюймам*	0,914400 м
Фут = 12 дюймам = русскому футу	0,30480 м
Дюйм = русскому дюйму, делится на 10, 12 или 16 частей.	2,54 см
Морская миля = .6080 футам	1,8532 км
3. Меры площадей, или квадратные	
Квадратная миля 640 акрам.	2,58999 км <sup>2</sup>
Акр = 4 рудам = 160 кв. родам	0,404686 га
Руд = 40 кв, родам	0,101171 га
Квадратный род или пэрч = 301/4 кв, ярдам	25,293 м <sup>2</sup>
Квадратный ярд = 9 Кв. футам	0,836127 м <sup>2</sup>
Квадратный фут и кв. дюйм равны русским.	
4. Меры объема тел или кубические	
Кубический ярд = 27 кубическим футам	0,764555 м <sup>3</sup>
Кубический фут и куб. дюйм равны русским	-
Меры объема сыпучих веществ и жидкостей.	
Квартер = 8 бушелям	2,9094 гл
Бушель = 4 пекам = 8 галлонам	36,568 л
(В США бушель = 8 галлонам).	35,2368 л
Галлон = 4 квартам**	4,5460 л
В США галлон для сыпучих веществ	4,4046 л
В США галлон для жидкостей	3,7852 л
Кварта = 2 пинтам	1,1365 л
Пинта = 4 джилям	0,56825 л
Джилль	0,14206 л
В США галлон для жидкостей разделяется соответственно на кварталы, пинты и джили	



## Название дисциплины

Примечание: \* Прототип ярда – имперский образцовый ярд, изготовленный в 1865 г. и хранящийся в депо образцовых мер в Вестминстере, – представляет собою брусок сечением в 1 дюйм в квадрате, у концов которого высверлены до половины его толщины круглые углубления; в дно их вделаны золотые гвоздики с наклеенными на них штрихами, расстояние между которыми при 62° по Фаренгейту равняется ярду;

\*\* По английскому закону галлон содержит 10 английских фунтов перегнанной воды, взвешенной в воздухе бронзовыми гириями, когда вода и воздух имеют температуру в 62° Фаренгейта при барометрическом давлении в 30 дюймов.

Расстояние измерялось шагами почти у всех народов, но для измерения полей и других больших расстояний шаг был слишком малой мерой, поэтому была введена трость, или двойной шаг, а затем и двойная трость, или перша. В морском деле трость называлась штоком. В Англии была и такая мера, как хорошая палка пахаря, длина которой 12-16 футов. В Риме вводится мера, равная тысяче двойных шагов, получившая название миля (от слова «милле», «милия» – «тысяча»).

Методы измерений Древней Руси. В Древней Руси существовали свои измерения. Древнейшими мерами длины являются локоть и сажень. Локтем являлась длина от локтя до переднего сустава среднего пальца, которая равнялась половине английского ярда. Название сажень происходит от славянского слова «сяг» – «шаг». Сначала оно означало расстояние, на которое можно шагнуть. Затем стали различать сажени маховую, косую, казенную, мерную, большую, греческую, церковную, царскую, морскую, трубную. Этой мерили только длину труб на соляных промыслах. Маховая или мерная сажень – расстояние между вытянутыми пальцами раскинутых рук (176 см). Сажень простая (152 см) – расстояние между размахом вытянутых рук человека от большого пальца одной руки до большого пальца другой. Сажень косая (248 см) – расстояние между подошвой левой ноги и концом среднего пальца вытянутой вверх правой руки.

Небольшие расстояния на Руси измерялись четвертями, пядями и аршинами. Четверть – расстояние между раздвинутыми большим и указательным пальцами, пядь – расстояние от конца большого пальца до конца мизинца при наибольшем возможном их раздвижении. Четыре четверти составляли аршин, который, в свою очередь, трижды вмещался в косую сажень. Мера длины, равная 0,1 дюйма, называлась линией (очевидно, потому, что ее

## Название дисциплины

можно было отложить при помощи линейки). К наиболее мелким старинным русским мерам длины относится точка, равная 0,1 линии. Возможно, отсюда появилось слово «точность».

Человеку требовалось измерять не только расстояние и длину. Существовали также меры жидкости, сыпучих веществ, единицы массы, денежные единицы. Из мер жидких тел Древней Руси известны: бочка, ведро, корчага, насадка, кружка, чарка. Основной мерой жидкости было ведро. Корчагами (12 кг) мерили мед и воск. Насадка – 2,5 ведра. Бочка равнялась 4 насадкам или 10 ведрам. Бочка могла равняться и 40 ведрам. Более мелкие меры: штоф – десятая часть ведра, чарка – сотая часть ведра, шкалик – две чарки.

Для измерения сыпучих тел использовались бочка и кадь (оков). Кадь была хлебной мерой, которая вмещала 14 пудов ржи (около 230 кг). Делилась она на две половины, или восемь осьмин (четвериков). Позже появился гарнец, равный 1/8 четверика. Название гарнец идет от глагола «загребать» и означает деревянную или железную посудину для зерна. Существовало много и местных мер: коробья, пуз, рогожа, лукно и другие.

Древнейшей единицей массы (веса) была гривна, или гривенка, позже получившая название фунт. Русский фунт (400 г) был меньше английского (454 г). Фунт, как и пуд, происходит от латинского корня и обозначает «вес, тяжесть». Фунт подразделялся на 96 золотников, а золотник – на 96 долей.

Кроме торгового фунта, употреблялся аптекарский фунт, который делился на 12 унций. Более крупными единицами веса был пуд, равный 40 фунтам, и берковец, равный 10 пудам. Берковец происходит от слова «беркун» – «большая плетеная корзина, короб для подноски корма скоту, для переноски сена, соломы». Сходное происхождение имеет слово «тонна», оно происходит от английского «тун» – «бочка».

Древнейшей единицей веса и денежного счета на Руси, видимо, была гривна. Ее вес был 409,5 г. Предполагают, что гривна произошла от слова «грива»: по количеству серебра гривна равнялась стоимости коня. Различались гривны кунные, серебряные и золотые. Кунные готовились из низкопробного серебра и стоили в четверо дешевле настоящих серебряных. Золотая гривна была в 12,5 раз дороже серебряной. Позднее гривну стали рубить пополам на гривенки, и новый слиток в половину денежной гривны называли рублем. Рубль (очевидно, от слова «рубить») стал основной денежной единицей на Руси (табл.П2.4.2).

## Название дисциплины

 Таблица П2.4.2  
 Система русских мер

Наименование меры и единичные соотношения	Сокращенное обозначение	В метрических мерах
1. Меры массы (веса)		
Пуд = 40 фунтам	п.	16,380 кг
Фунт = 32 лотам = 96 золотникам	фн.	0,40951241 кг
Лот = 3 золотникам	л.	12,797 г
Золотник = 96 долям	з.	4,266 г
Доля = 1/9216 фунта	дл.	44,4 мг
2. Меры линейные		
Верста = 500 сажням	врс.	1,0668 км
Сажень = 3 аршинам = 7 футам	с.	2,1336 м
Аршин = 16 вершкам = 28 дюймам	а.	0,711200 м
Вершок = 1 3/4 дюйма	врш.	44,45 мм
Фут = 12 дюймам	фт.	30,48 см
Дюйм = 10 линиям	дм.	25,400 мм
Линия = 10 точкам	лн.	2,54 мм
Точка = 1/1200 фута	тчк.	0,254 мм
3. Меры площадей, или квадратные		
Квадратная верста = 250 000 кв. сажен	кв. врс.; врс. <sup>2</sup>	1,138 км <sup>2</sup>
Десятина = 2400 кв. сажням	дес.	1,093 га
Кв. сажень = 9 кв. аршинам = 49 кв. фут.	кв.с.; с <sup>2</sup>	4,552 м <sup>2</sup>
Кв. аршин = 256 кв. верш. = 784 кв. дм.	кв.а.; а <sup>2</sup>	0,5058 м <sup>2</sup>
Кв. вершок	кв. врш.; врш <sup>2</sup>	19,76 см <sup>2</sup>
Кв. фут – 144 кв. дюймам	кв. фт.; фт. <sup>2</sup>	0.0929 м <sup>2</sup>
Кв. дюйм = 100 кв. линиям	кв. дм.; дм. <sup>2</sup>	6,452 см <sup>2</sup>
Кв. линия	кв. лн.; лн. <sup>2</sup>	6,452 мм <sup>2</sup>
4. Меры объема тел, или кубические		
Кубическая сажень = 27 куб. аршин = 343 куб. футам	куб. с.; с. <sup>3</sup>	9,7127 м <sup>3</sup>
Кубический аршин = 4096 куб. верш = 21952 куб. дюймам	куб.а.; а. <sup>3</sup>	0,359729 м <sup>3</sup>
Кубический вершок	куб врш; врш <sup>3</sup>	87,824 см <sup>3</sup>
Кубический фут = 1728 куб. дюймам	куб. фт.; фт. <sup>3</sup>	0,0283468 'л»

## Название дисциплины

Кубический дюйм = 1000 куб. линиям	куб. дм.; дм. <sup>3</sup>	16,3871 см <sup>3</sup>
Кубическая линия	куб. лн.; лн. <sup>3</sup>	16,3871 мм <sup>3</sup>
5. Меры объема жидкостей		
Ведро = 10 штофам	в.	12,2994 л
Штоф или кружка = 10 чаркам	шт.	0,22994 л
Винная бутылка = 1/16 ведра	-	0,768713 л
Водочн. или пивн. бутылка = 1/20 ведра	-	0,614970 л
Чарка = 1/100 ведра или 2 шкаликам		0,122994 л
Шкалик— 1/200 ведра		0,0614970 л
6. Меры объема сыпучих веществ		
Четверть = 2 осьминам или 8 четверикам	чт.	2,0991 гл
Четверик = 8 гарнцам	чк.	26,2387 л
Гарнец	грн.	3,27984 л

Слово «деньга» произошло, видимо, от названия индийской серебряной монеты «танка», упоминание о которой встречается в летописях. Шесть денег составляли алтын (от татарского «алты» – «шесть»). Алтын приравнивался к трем копейкам. Название «копейка» происходит от маленьких монет, выпущенных при Иване Грозном, с изображением всадника с копьем. При Петре I появились гривенники (10-копеечные монеты) и полтинники (50-копеечные монеты).

У многих народов в старину мера веса часто совпадала с мерой стоимости товара, так как деньги выражалась в весе серебра и золота. Так, в Вавилоне денежная единица шекель, а в Риме асс – были и единицами веса. Таково же происхождение и английской денежной единицы фунт стерлингов.

Применение приборов. С древнейших времен почти во всех областях деятельности человек использовал специальные приспособления для наблюдений, измерений, взвешивания и счета. По мере развития общества эти приборы изменялись и совершенствовались.

Точные приборы и инструменты, используемые в древности по их назначению, можно условно подразделить на четыре основные группы: 1) приборы и инструменты, используемые в торговле, строительстве и архитектуре; 2) приборы для измерения Земли; 3) приборы для наблюдения неба и 4) приборы для научных экспериментов.

К приборам первой группы относятся используемые в торговле бытовые приборы: приспособления для определения длин – образцы мер и приспособления для взвешивания – весы.

Весы – наиболее древний измерительный прибор. Простейшие весы в виде равноплечего рычага изображены на египетских, вавилонских (III-II тыс. до н. э.) и более поздних греческих памятниках. Совершенствование конструкции весов впоследствии дало возможность использовать их не только в торговле, но и в научных исследованиях и в промышленности. Так, Аристотель, например, в IV в. до н. э. разработал теорию неравноплечих весов с передвижной гирей. Весы этого типа нашли широкое применение в Римской империи и были усовершенствованы арабоязычными учеными средневекового Востока. Известно также, что в III в. до н. э. Архимед с помощью весов определил плотность золотого венца для выяснения содержания в нем примесей серебра. Этот факт свидетельствует о весьма высокой точности взвешивания (рис.П2.4.2).

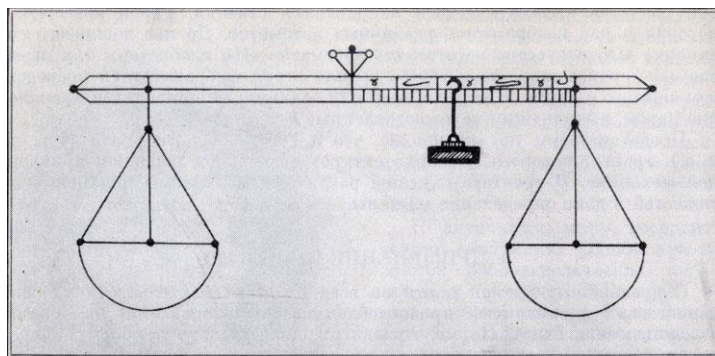


Рис.П2.4.2. Схема устройства «весов Архимеда»



Рис.П2.4.3. Весы с разновесом (XVI век)

В основе самой первой в истории системы весовых единиц – древнеавилонской – лежал вес одного хлебного зерна – грана. Не кусочек золота, платины, серебра, а зерно, получаемое с таким трудом и являющееся главным продуктом до сих пор. Сыграло свою роль то, что зерна самой природой были как бы стандартизированы и имели почти одинаковые размеры и массу. Позже появилась система гирь, изготовленная человеком. Гиря – специально изготовленный эталон (точная мера) массы, обладающий заданной формой и конструктивными особенностями и применяемый во всех случаях человеческой деятельности, связанной с точным весом. Наборы гирь для определенных весов называются разновесом (рис.П2.4.3).

С появлением системы впервые возникла идея о стандартизации, которая получила свое полное развитие при других измерениях лишь через тысячи лет! Необходимость в стандартизации гирь настолько была очевидна, что торговцы безропотно ей подчинились.

"Порча" гирь, то есть сознательное занижение их веса, давала торговцам дополнительную прибыль. И они этим занимались весьма часто, да и занимаются до сих пор. Это уголовно наказуемое преступление было и есть.

Название дисциплины

Русский безмен – металлический стержень с постоянным грузом на одном конце и крючком или чашкой для взвешиваемого предмета на другом. Уравновешивают безмен перемещением вдоль стержня второго крючка обоймы или петли, служащих опорой стержня безмена (рис. П2.4.4).

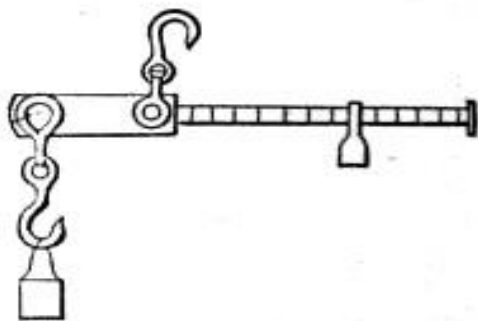


Рис.П2.4.4.  
Устройство для взвешивания (схема русского безмена)



Рис.П2.4.5. Ручные пружинные весы (XVIII век)

Иногда ручные пружинные весы называют безменом. Они представляют собой жесткую пружину, которая помещается в корпус со шкалой. К пружине прикрепляется стрелка. Пока к пружине не приложено усилие, то есть не подвешен измеряемый груз, она находится в сжатом состоянии. Под действием силы тяжести пружина растягивается, соответственно перемещается по шкале стрелка. На основании положения стрелки можно узнать массу взвешиваемого груза (рис.П2.4.5).

В древности существовали различные системы измерения – в Вавилоне, Древнем Египте, Древнем Израиле, Древней Греции, Римской империи. Позднее в каждой стране использовалась своя система измерений. Существовали английская, русская, французская, китайская, японская и др.

Название дисциплины

Для определения длины Петр I предложил воспользоваться английскими мерами длины – ярд, фут и дюйм. Несмотря на указ царя, применялись самые разнообразные меры длины. Это затрудняло развитие науки, торговли между странами. Поэтому назрела необходимость введения единой системы мер, удобной для всех стран.

Такая система – ее назвали метрической системой мер – была разработана во Франции. 7 апреля 1795 г. Национальный Конвент принял закон о введении метрической системы во Франции и поручил комиссарам, в число которых входили Кулон, Лагранж, Лавуазье, Лаплас и другие ученые, выполнить работы по экспериментальному определению единиц длины и массы.

Метрическая система выросла из постановлений, принятых Национальным собранием Франции в 1791г. и 1795 г. по определению метра как одной десятиmillionной доли участка земного меридиана от Северного полюса до экватора.

Декретом от 4 июля 1837 года метрическая система была объявлена обязательной к применению во Франции. Она постепенно вытеснила местные и национальные системы в других странах Европы и была законодательно признана как допустимая в Великобритании и США.

Основная единица длины в метрической системе – 1 метр (от греческого слова "метрон"- мера). Первый прототип эталона метра был изготовлен из латуни в 1795 году (рис.П2.4.6).



Рис.П2.4.6. Международный эталон метра, использовавшийся с 1889 по 1960 годы

Рис.П2.4.7. Эталон килограмма



## Название дисциплины

С 1960 года отказались от использования изготовленного людьми предмета в качестве эталона метра. Современное определение метра в терминах времени и скорости света было введено в 1961 году: метр – это длина пути, проходимого светом в вакууме за  $1 / 299\,792\,458$  секунды.

Метрическая система – общее название международной десятичной системы единиц, основанной на использовании метра и грамма. На протяжении последних двухсот лет существовали различные варианты метрической системы, различающиеся выбором основных единиц. В настоящее время международно признанной является система СИ. При некоторых различиях в деталях элементы системы одинаковы во всем мире. Метрические единицы широко используются по всему миру как в научных целях, так и в повседневной жизни.

Килограмм (кг, kg) – единица измерения массы, одна из основных единиц СИ. Килограмм определяется как масса международного эталона килограмма, хранящегося в Международном бюро мер и весов (расположено в г. Севр близ Парижа) и представляющего собой цилиндр из платино-иридиевого сплава (90% платины, 10% иридия), рис.П2.4.7.

Основное отличие метрической системы от применявшихся ранее традиционных систем заключается в использовании упорядоченного набора единиц измерения. Для любой физической величины существует лишь одна главная единица и набор дольных и кратных единиц, образуемых стандартным образом с помощью десятичных приставок. Тем самым устраняется неудобство от использования большого количества разных единиц (таких, например, как дюймы, футы, мили и т.д.) со сложными правилами преобразования между ними. В метрической системе преобразование сводится к умножению или делению на степень числа 10, то есть к простой перестановке запятой в десятичной дроби.

Английская система мер и сегодня применяется в Великобритании, США, Канаде и других странах. Постепенно меры английской системы вытесняются метрической системой мер.

Русская система мер была отменена в СССР в 1924 году.

В торговле же и в землемерии начали применять примитивные устройства для облегчения вычислений – уже в Древней Греции и Риме для арифметических вычислений существовала счетная доска – абак, а в Китае и других странах Дальнего Востока – суан-пан, аналог абака, прототип используемых и в настоящее время счетов. Родоначальником вычислительных машин наряду с абаксом можно считать одометры и другие простые счетчики, ос-

нованные на принципе последовательного прибавления единиц.

В строительстве зданий и ирригационных сооружений наряду с угольниками и отвесом использовали нивелирующие инструменты, конструкции которых впоследствии постепенно совершенствовались.

Измерительные приборы разделены на группы.

К приборам первой группы можно отнести также и применяемые в архитектуре и графике чертежные инструменты – циркули (известные уже вавилонянам) и линейки с делениями, конструкции которых также на протяжении веков претерпели значительные изменения. Римляне широко пользовались пропорциональными циркулями, циркулем для гравирования делений, линейками-параллелограммами для нанесения штриховки, инструментами для проведения чернилами непрерывных линий, различными складными линейками.

Приборы для измерения Земли, прототипы геодезических приборов, также появились в глубокой древности, когда возникла необходимость измерять в хозяйственных целях большие земельные участки и сооружать каналы и плотины в странах с искусственным орошением. Для измерения линий в Египте пользовались шнуром с узлами, завязанными на определенных расстояниях один от другого; в Китае – мерными цепями.

Для нивелирования сначала использовали уровни с одним отвесом, известны также нивелирующие инструменты с двумя отвесами (например, хоробат Витрувия), а также водяные нивелиры – наполненные водой желоба с подвешенными с двух сторон отвесами. Водяной нивелир более сложной конструкции сконструировал Герон Александрийский. Ему же принадлежит и угломерный инструмент с диоптрами, который считают прототипом современного теодолита. Оба инструмента описаны Героном в сочинении

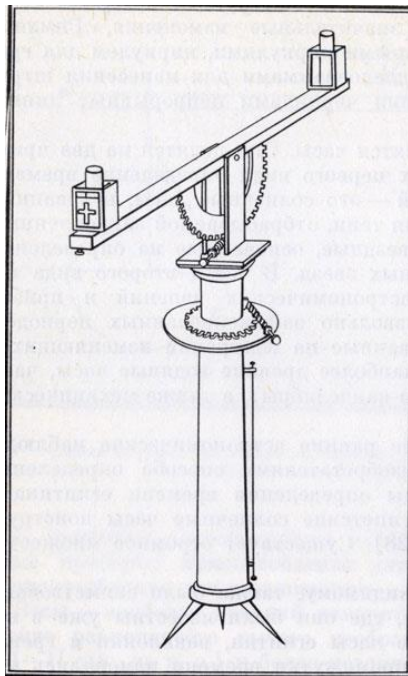


Рис П2.4.8 Нивелир Герона Александрийского (реконструкция).

I в. н. э.

Название дисциплины

«О диоптре», рис.П2.4.8.

Большой популярностью у римских землемеров пользовался при разбивке площадей инструмент, называемый «грома», для проложения на местности линий под прямым углом.

Третья группа, самая многочисленная, приборы для наблюдения неба. С их помощью измеряли величины, характеризующие движение и положение небесных тел в пространстве. Это наиболее точные приборы древности, они воплощали в себе достижения астрономической науки и высокое инструментальное мастерство. Принципиальные схемы астрономических приборов были заимствованы из самой природы. В древности, наблюдая за Солнцем, люди обратили внимание на движение и изменение длины тени, отбрасываемой вертикально расположенными предметами. Наблюдения в течение дня и года позволили установить в этих изменениях определенные закономерности. Таким образом, шест, установленный вертикально на горизонтальной площадке, можно считать первым созданным человеком астрономическим прибором, позволившем в дальнейшем определять высоту Солнца над горизонтом, направление меридиана, наступление равноденствий и солнцестояний, отсчитывать время. Из природы же была заимствована схема угломерных астрономических инструментов. Наблюдатели, считавшие себя неподвижными, воспринимали движения небесных тел и всего небесного свода как абсолютные движения, которые можно было воспроизвести с помощью механических моделей. Звездные глобусы изображали звездное небо, вращение их вокруг оси имитировало видимые вращения небесного свода (рис.П2.4.9, П2.4.10).

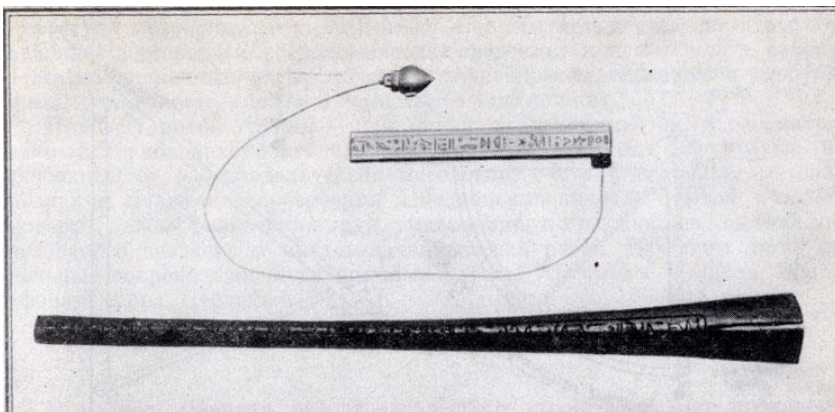


Рис.П2.4.9. Древнейший астрономический инструмент «меркет»

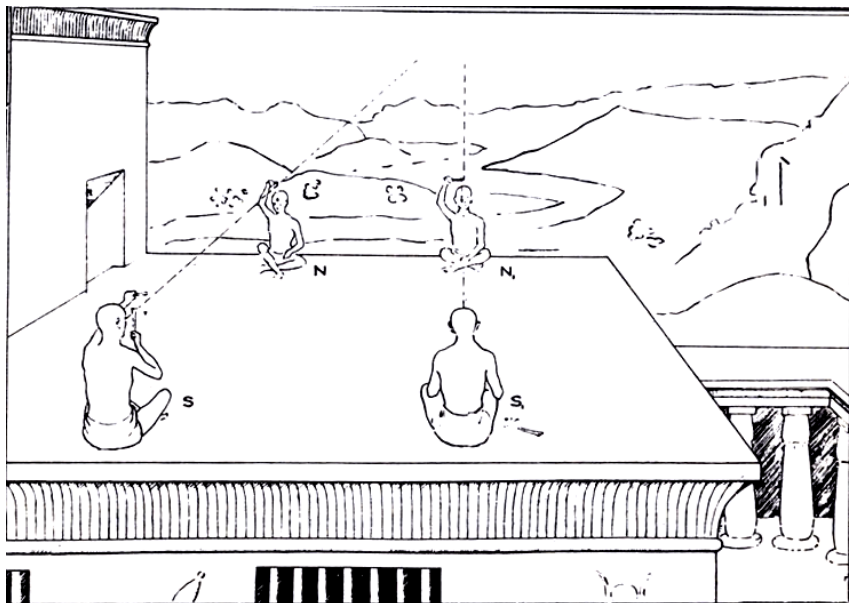


Рис.П2.4.10. Проведение астрономических наблюдений с помощью «меркета»

Наибольшего развития астрономические инструменты достигли в античной Греции, причем греческие астрономы не только заимствовали и совершенствовали инструменты, использовавшиеся другими народами, но и конструировали оригинальные. Так, из Вавилона пришли в Грецию теневой шест, названный греками гномоном, солнечные и водяные часы; оригинальные конструкции разработали сами греки: Архимед, например, сконструировал и описал прибор для определения диаметра Солнца; Гиппарх (II в. до н. э.) проводил многочисленные астрономические наблюдения с помощью сконструированных им самим и заимствованных от предшественников инструментов. Эти наблюдения и инструменты наряду с собственными инструментами и наблюдениями описал Клавдий Птолемей (II в. н. э.). Благодаря Птолемею сведения о греческих астрономических инструментах: экваториальной армилле, меридианальной армилле, квадранте, стенном инструменте, параллактическом инструменте, или трикветруме (называемом иногда линейками Птолемея), диоптрийном инструменте для

определения диаметров Солнца и Луны и, наконец, «астролябоне» Птолемея (иногда неправильно называемом в литературе астролябией) – сложном инструменте, состоящем из семи концентрических бронзовых колец, устанавливаемых в определенных плоскостях, – сделались достоянием последующих поколений (рис.П2.4.11).

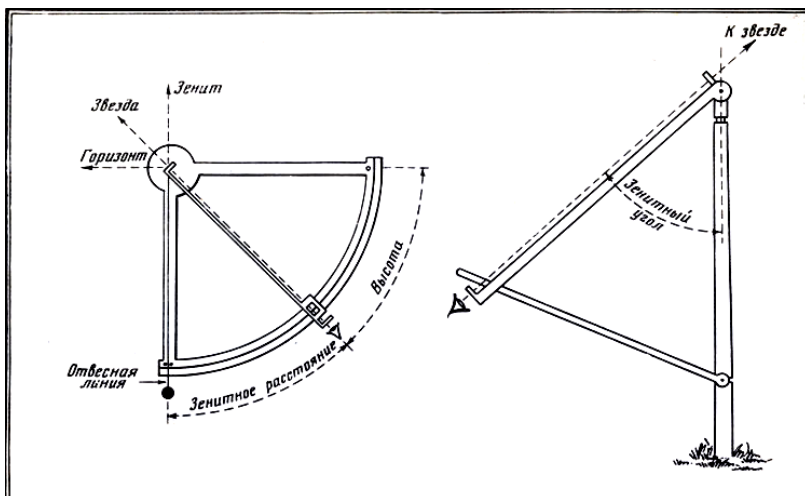


Рис.П2.4.11. Принципиальная схема квадранта Клавдия Птолемея.

Схема трикветрума («параллактических линий Клавдия Птолемея»), II в. н. э

Приборы четвертой группы – для научных экспериментов, в рассматриваемый период находились в зачаточном состоянии, так как ученые, несвободные от рабовладельческой идеологии, считали основным методом познания логические построения и недооценивали роль опытов, в основе которых лежал физический труд, унижавший, по их мнению, достоинство свободного человека и предназначенный для рабов. Известны лишь отдельные сопровождавшиеся опытами работы Архимеда, Евклида, Эратосфена, Герона, Птолемея.

Развитие приборов четвертой группы началось с времени первых технических революций.

В условиях развивающегося капиталистического машинно-фабричного производства все заметнее стала обозначаться тенденция расширения и углубления взаимосвязей производства и

Название дисциплины

науки. Совершенствование техники и технологии крупного машинного производства уже не могло базироваться только на эмпирических научных знаниях. Возникла необходимость сознательного и постоянного использования науки для изучения различных практических задач.

В ряду задач, связанных с использованием научных достижений в производстве, все большее значение стало отводиться созданию и совершенствованию различных приборов и измерительных инструментов, их использованию в теоретических исследованиях и практической (производственной) деятельности. Во второй половине XVIII в. и особенно в XIX в. заметно расширилась сфера применения большинства известных уже 100-150 лет точных приборов. Они постепенно проникают в различные области науки и отрасли техники. Так, например, микроскопы стали использовать не только для медико-биологических целей, но и в химии, и в металлургии, зрительные трубы – не только в астрономии, но и в геодезии, и в маркшейдерии, термометры – не

только в метеорологии, но и в медицине, и в металлургии.

Разработанная Х. Гюйгенсом еще в XVII в. теория маятника легла в основу изготовления не только часов, но и маятниковых приборов, получивших в XIX в. широкое применение в геофизике для исследования ускорения силы тяжести в разных пунктах земной поверхности, необходимых для определения фигуры Земли.

Со второй

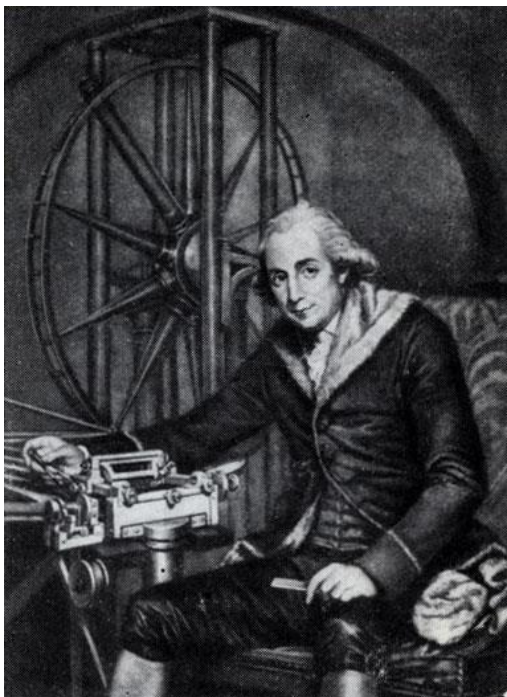


Рис.П2.4.12. Д.Рамсден и его делительная машина  
(вторая половина XVIII в.)

половины XVIII и особенно в XIX столетии в процессе конструирования, изготовления и эксплуатации наблюдательных и измерительных инструментов и приборов для проведения многочисленных научных экспериментов выявлялись наиболее удобные формы их узлов (например, вместо прямых зрительных труб стали использовать ломаные, вместо круглых уровней – цилиндрические) и отдельных деталей, подбирались подходящие материалы: дерево все более вытеснялось металлом – медью, бронзой, железом, сталью, латунью, а затем и специальными сплавами, дающими минимальные температурные деформации.

Повышению качества и увеличению количества точных приборов в значительной степени способствовало изобретение делительных машин (примитивные делительные приспособления использовались еще в конце I тыс., их конструировал и описал в свое время Аль-Бируни). Механическое деление для разметки зубцов на зубчатых колесах с помощью специально размеченного колеса пытались ввести и часовые мастера. Но только в 60-х годах XVIII в. почти одновременно де Шолнес во Франции и Д. Рамсен в Англии предложили способы полной механизации первоначального деления круга. Примерно к 1780 г. Рамсен усовершенствовал свою делительную машину, конструкцию которой к концу столетия уже широко использовали для разделения круговых и линейных шкал (рис.П2.4.12). Это изобретение Рамсдена сыграло очень важную роль в развитии приборостроения.

Ведущее место в развитии приборостроения рассматриваемого периода занимало оптическое приборостроение. Созданием оптических приборов занимались крупнейшие ученые XVIII в. Среди них был и М. В. Ломоносов. Уже в первый год своего пребывания в Петербургской академии наук (1741 г.) он представил сочинение «Рассуждение о катоптрико-диоптрическом зажигающем инструменте» (рис.П2.4.13).

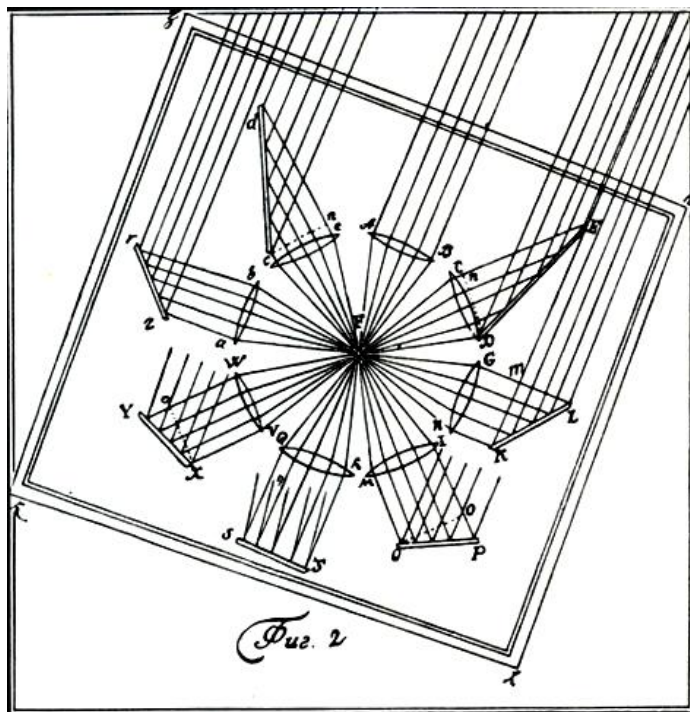


Рис.П2.4.13. Катоптрико-диоптрический зажигательный инструмент.

Чертеж М.В. Ломоносова (1741 г.)

К теме создания зажигательных оптических инструментов обращался и другой ученый XVIII в. А. Л. Лавуазье. В своем мемуаре «Размышления о методе применения солнечных лучей к физическим исследованиям» он дал описание знаменитой солнечной установки для получения «сверхвысокого жара». Эта установка, сконструированная по указаниям Лавуазье в 1772 г., имела большую двояковыпуклую линзу диаметром около 1,5 м и была собрана из двух вогнуто-выпуклых линз, пространство между которыми было заполнено жидкостью. Конструкция этой установки была спроектирована так, что один человек мог без труда изменять угол наклона гигантской линзы и поворачивать всю платформу в направлении на Солнце (рис.П2.4.14).



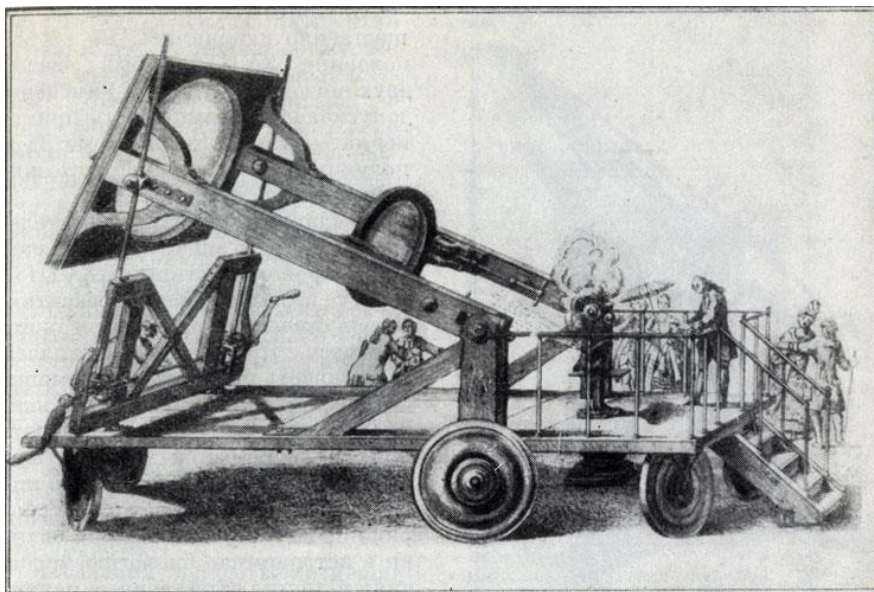


Рис.П2.4.14. Солнечная установка Лавуазье 1772 г. для получения сверхвысокого жара

Таким образом, зажигательные оптические инструменты сыграли важную, прогрессивную роль в развитии оптики. Создание этих инструментов привлекло к занятиям практической оптикой многих выдающихся ученых и способствовало процессу переноса естественнонаучного знания в оптике в прикладную область.

После того как благодаря исследованиям И. Ньютона, Ч. Холла, Л. Эйлера и Д. Доллонда в середине XVIII в. была создана практическая конструкция ахроматического телескопа, эти оптические инструменты начали строить на многих заводах мира.

Начиная с 1757 г. ахроматические телескопы стали изготавливать на оптических заводах Б. Мартина, и через короткий промежуток времени ахроматический телескоп можно было приобрести во многих оптических мастерских Англии. Интересно отметить, что стоимость ахроматических телескопов определялась их длиной и продавались они, согласно прейскуранту 1777 г. Джорджа Адамса, по цене 16 шиллингов за фут. Длина ахроматических телескопов составляла в то время от 1 до 8 футов.

Появились и получили распространение ахроматические телескопы и во Франции. 4 мая 1761 г. парижский оптик К. С. Пасман продемонстрировал перед королем Людовиком XV ахроматическую подзорную трубу длиной 1 м. 30 сентября 1763 г. тот же оптик создал карманную зрительную трубу длиной всего 8 см с ахроматическим объективом диаметром около 4 см, который состоял из трех линз.

В Голландии во второй половине XVIII в. ахроматические телескопы изготавливали на оптическом заводе Яна ван Дейла и его сына Германуса ван Дейла. Первоначальные сведения об изготовлении ахроматических телескопов в Германии относятся к 1764 г. Эти телескопы по своему качеству не уступали английским.

Следующий шаг в развитии ахроматического телескопа связан с именем немецкого физика Йозефа Фраунгофера, который в детстве работал учеником в зеркальной и стекольных мастерских.

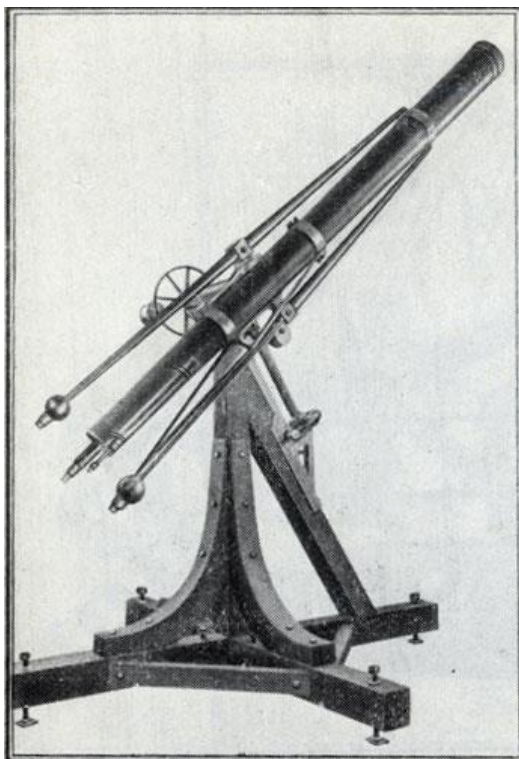


Рис.П2.4.15. Телескоп-рефрактор И. Фраунгофера (1824 г.). Диаметр объектива 9 дюймов (22,8 см). С 1825 г. по 1839 г. с этим инструментом в Тартусском университете работал В.Я. Стрuve

совершенствовал методику измерений дисперсии оптических стекол, что открыло путь к созданию более совершенных ахроматических объективов (рис.П2.4.15).

Окуляры телескопов также существенно изменились. Во второй половине XVIII в. был введен двухлинзовый окуляр И. Рамсдена, допускающий возможность применения окулярного микрометра и получивший вследствие этого широкое распространение.

В 1806 г. он поступил на службу в известную в то время крупную оптическую мастерскую в Бенедикт-бейерне (Бавария), позднее стал ее руководителем и владельцем. Выпускавшиеся в мастерской Фраунгофера оптические инструменты получили широкое распространение во всем мире. Он ввел существенные усовершенствования в технологию изготовления больших ахроматических объективов телескопов, изобрел новый станок для полировки линз, разработал методику контроля поверхностей линз. Ученый существенно усовер-

Название дисциплины

Создание ахроматических телескопов вызвало значительные успехи в астрономии, открыв в XVIII в. дорогу к дальнейшему развитию астрономических приборов и инструментов. Кроме того, появилась возможность измерять при помощи оптических инструментов положения множества слабых звезд (рис.П2.4.16). Открытие ахроматической оптики дало мощный толчок развитию оптического приборостроения и ускорило процесс проникновения оптики в астрономию, биологию, медицину и другие естественные науки.

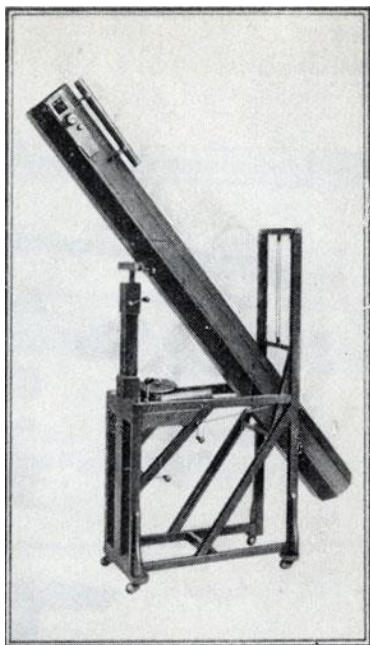


Рис.П2.4.16. Зеркальный телескоп Вильяма Гершеля (середина XVIII в.)

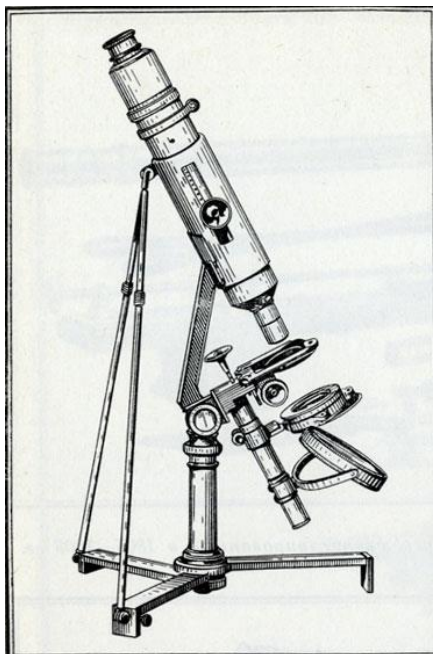


Рис.П2.4.17. Ахроматический телескоп английских оптиков В. Талля и Д. Листера (1826 г.)

Наряду с телескопами – рефракторами получили существенное развитие и телескопы – рефлекторы (зеркальные телескопы). Крупный вклад в конструирование таких телескопов внес английский астроном В. Гершель. Он собственноручно изготовил несколько десятков телескопов-рефлекторов. Стремясь к уменьшению потерь света и к увеличению яркости изображения, Гершель упростил их конструкцию. Он слегка наклонил главное зер-

кало, что позволило исключить из конструкции телескопа дополнительное малое плоское зеркальце. Такая система была им испытана на зеркальном телескопе длиной 6 м (см. рис.П2.4.16). При помощи этого инструмента в 1787 г. были открыты два спутника планеты Уран – Оберон и Титания. В иностранной литературе такая конструкция зеркального телескопа получила название «система Гершеля», хотя еще в 1762 г. подобная система была изобретена и практически осуществлена М. В. Ломоносовым. Постепенно увеличивая диаметры изготавливаемых вогнутых зеркал, Гершель в 1789 г. отшлифовал самое большое из них – диаметром около 1,2 м. Это зеркало было использовано в огромном зеркальном микроскопе длиной в 40 футов (12 м). В то время это был величайший в мире рефлектор.

Существенный шаг в усовершенствовании микроскопа был сделан немецким оптиком Гертелем (рис.П2.4.17). В 1716 г. Гертель ввел в конструкцию микроскопа вращающийся предметный столик и зеркало подсвета, помещенное под ним. Это привело к значительному улучшению изображения при рассматривании прозрачных объектов в проходящем свете. Однако только в 30-х годах XVIII в. такие микроскопы получают широкое распространение.

XVIII в. – период подлинного расцвета микроскопии. В рассматриваемый период микроскоп становится необходимым прибором в руках исследователей. Им начинают широко пользоваться естествоиспытатели и инженеры. Начиная примерно с 40-х годов XVIII века микроскоп комплектовали набором объективов с разными фокусными расстояниями, что позволяло менять увеличение микроскопа в нужных пределах.

Во второй половине XIX в. заметных успехов достигла и русская инструментальная оптика. Так, в 1868-1895 гг. Г.И. Вилд сконструировал большое число разнообразных поляризационных и фотометрических инструментов. Пользуясь фотометрами Вилда, русский физик О. Д. Хвольсон провел серию интересных фотометрических исследований.

Значительный вклад в развитие инструментальной оптики был сделан также профессором Петербургского университета Ф. Ф. Петрушевским. В 1859 г. он создал оригинальную конструкцию оптического микрометра к телескопу-рефрактору, а в 1872-1873 гг. он разработал «Лунный спектрофотометр». Петрушевским были выполнены также важные исследования по использованию оптики в военном деле (построен оптический дальномер и разработаны способы улучшения работы различных осветительных

устройств).

В начале XIX в. были заложены основные методы оптической спектроскопии. Первый практический спектроскоп был сконструирован в 1859 г. Г. Кирхгофом и Р. Бунзенем. Как только спектроскоп был построен в его практически применимой форме, он был сразу же использован в химии как мощное средство качественного анализа. С помощью спектроскопа были открыты многие химические элементы (цезий, рубидий, гелий, галлий, индий, таллий и др.). Кроме того, спектральный анализ оказал также значительную помощь при разделении различных редкоземельных элементов, так что открытием большинства из них мы обязаны спектроскопу.

Дальнейшее развитие спектрометров связано с использованием в их конструкции дифракционной решетки, существенно увеличившей эффективность этого инструмента. В 1821 г. дифракционная решетка впервые была использована И. Фраунгофером для точного измерения длин волн. Первые дифракционные решетки состояли из тонкой серебряной проволоки, натянутой на латунную рамку. Использование инфракрасного излучения вызвало в дальнейшем подлинную революцию в спектроскопии. Появился новый класс приборов и соответственно новая область науки и техники – инфракрасная спектроскопия.

Во второй половине XIX в. спектроскоп становится основным прибором практически во всех областях химии.

История измерения времени. Оценка этого параметра сильно отличается от измерений геометрических, физических и прочих в силу специфики предмета.

Пространство и время – это философские категории. Пространство – форма сосуществования материальных объектов и процессов. Оно характеризует структурность и протяженность материальных систем; время – форма и последовательные смены состояний объектов и процессов, оно характеризует длительность их бытия. Пространство и время имеют объективный характер, неразрывно связаны друг с другом, бесконечны. Универсальные свойства времени – длительность, неповторяемость, необратимость; всеобщие свойства пространства – протяженность, единство прерывности и непрерывности. Идея пространства воспринимается человеком намного проще и нагляднее, чем идея времени. Это обусловлено тем, что пространство обзревается нами как бы все сразу в трехмерном виде, тогда как время ощущается только как миг между прошлым и будущим, последовательная смена событий.

## Название дисциплины

Время наряду с пространством составляет сущность нашего мира, образует арену деятельности людей, является основным предметом их познания. С осознанием понятия времени связаны осознание безвозвратности прошлого, мимолетности настоящего, непознаваемости будущего.

«Призрачно все в этом мире бушующем.  
Есть только миг, – за него и держись.  
Есть только миг между прошлым и будущим,  
Именно он называется жизнь.»  
(Леонид Дербенев)

Человек не может двигаться по шкале времени – от прошлого к будущему и от будущего к прошлому. Он только живет в своем времени. Стрела времени направлена только от прошлого к будущему. Машины времени не существует. Человек не может освободиться от времени или управлять им. Он только научился "останавливать мгновенье" с помощью книг, граммофонных и магнитных записей звука, фотографии, кино и видеозаписей.

Но он не может жить, действовать, развиваться без ориентации во времени, без синхронизации своего поведения с изменениями окружающей среды, с поведением других людей и иных объектов.

Природа, создавшая человека, снабдила его и другие живые организмы специальным биологическим механизмом для ориентировочной интуитивной оценки времени – биологическими часами – способностью животного и человека ориентироваться во времени. Она основана на строгой периодичности физико-химических и физиологических процессов в клетках – биологических ритмах, циклических колебаниях интенсивности и характера биологических процессов и явлений.

Понятие о течении времени подсказала древнему человеку периодическая смена дня и ночи, времен года. События текущей жизни потребовали измерять время.

Летосчисление (или календарь) – это система исчисления больших промежутков времени. Во многих системах летосчисления счет велся от какого-либо исторического или легендарного события.

Каждый народ использовал свои способы датировки исторических событий. Одни вели отсчет лет от предполагаемого сотворения мира: так [евреи](#) датировали его [3761 до н. э.](#), александрийская хронология считала этой датой [25 мая 5493 до н. э.](#) Римляне начинали отсчет от легендарного основания [Рима \(753 до н. э.\)](#). [Парфяне](#) вели отсчет лет от вступления на [трон](#) первого

царя, [египтяне](#) – с начала правления каждой следующей династии. Каждая мировая религия основывала свой календарь.

Христианская церковь приурочила начало летосчисления к рождению Иисуса Христа. Эта система летосчисления (новая эра) принята в настоящее время в большинстве стран. У народов, исповедующих ислам, летосчисление ведется от 622 н. э. (от даты переселения Мухаммеда – основателя ислама – в Медину).

Календарь (от лат. *calendarium*, букв. – долговая книжка; в Древнем Риме должники платили проценты в день календ) основан на периодичности видимых движений небесных тел. Наиболее распространен солнечный календарь, в основу которого положен солнечный (тропический) год.

Никто точно не знает, почему год делится на 12 месяцев (такое деление не соответствует ни лунному, ни солнечному календарю). Считается, что деление часа на 60 минут связано с вавилонской системой счисления, в основе которой было не 10, а 60.

Перевод из одного летосчисления в другое представляет определенные трудности из-за различной продолжительности года в разных системах. Счет года с [1 января](#) был введен в Риме [Юлием Цезарем](#) в [45 г. до н. э.](#) В [325](#) году н. э. юлианский календарь был принят [Византией](#). Реформа календаря, которую провел папа [Григорий XIII](#), была признана в большинстве [католических](#) стран. Она устранила ошибку в исчислении времени: от момента введения [юлианского календаря](#) до конца [XVI столетия](#) "набежала" разница в 10 дней по сравнению с солнечным годом. Современный назван [григорианским](#) (новый стиль), введен при Григории XIII [4 октября 1582](#) года и заменил юлианский (старый стиль).

[Петр I](#) с 1 января [1700](#) года заменил действовавший в России так называемый календарь от "сотворения мира" на юлианский, разница между которыми 5508 лет. По указу царя от [20 декабря 1699](#) года следовало 1 января 1700 года "...в знак доброго начинания и нового столетнего века в веселии друг друга поздравлять с Новым годом... по знатным и проезжим улицам у ворот и домов учинить некоторое украшение от древ и ветвей сосновых, еловых и можжевеловых, чинить стрельбу из небольших пушечек и ружей, пускать ракеты сколько у кого случится, и зажигать огни". [28 декабря 1708](#) года был выпущен первый гражданский календарь.

В России григорианский календарь введен с 14 февраля 1918 г. Различие между старым и новым стилями составило в 18



## Название дисциплины

веке 11 суток, в 19 веке 12 суток и в 20 веке 13 суток.

Деление месяца на семидневные [недели](#), возникшее на [Древнем Востоке](#), в [I веке до н. э.](#) стало употребляться в Риме, откуда позднее распространилось по всей [Европе](#).

В заимствованной римлянами семидневной неделе только один день имел особое название – "[суббота](#)" (др. евр. sabbath – отдых, покой), остальные дни назывались порядковыми номерами в неделе: первый, второй и т. д.; ср. в русском понедельник, вторник и т. д., где "неделя" означала первоначально нерабочий день (от "не делать"). Римляне называли дни недели по семи светилам, носившим имена богов. Названия следующие: суббота – день [Сатурна](#), дальше – день [Солнца](#), [Луны](#), [Марса](#), [Меркурия](#), [Юпитера](#), [Венеры](#). Латинские названия, видоизменившись, отчасти сохраняются до сих пор в названиях дней недели в [Западной Европе](#).

Несовершенство естественных биологических часов заставляло человека придумывать и создавать искусственные устройства, более эффективно выполняющие функции измерения времени в течение суток, дней, недель, месяцев, лет – часы.

Важнейшим и самым распространенным простейшим прибором измерения времени были солнечные часы – единственные из перечисленных видов часов, основанные на суточном движении Солнца. Древний человек осознал взаимосвязь между длиной и положением солнечной тени от предметов и положением Солнца на небе и поэтому ориентировался в текущем времени по Солнцу. Первые часы – приборы для измерения текущего [времени](#) в единицах, меньших, чем одни [сутки](#), были солнечными. Точная дата возникновения солнечных часов, которые в своем первоначальном виде имели форму обелиска – гномона, неизвестна. Сообщение о них в рукописи китайца Чиу-пи периода около 1100 г. до н.э. считают самым первым упоминанием о солнечных часах.

В солнечных часах использовался постоянный периодический процесс вращения Земли.

Гномон, вертикальный обелиск со шкалой, нанесенной на земле или плоском камне – кадране, был первыми солнечными часами, измерявшими время по длине отбрасываемой тени. Но солнечные часы работали только днем и только в ясную погоду, когда светит солнце, да и то недостаточно точно (рис.П2.4.18).



Рис.П2.4.18. Солнечные часы в Пекине

Древнейшие способы измерения времени были известны за 2000 лет до нашей эры, и их развитие продолжалось до первых столетий нового времени. Сюда относятся многие типы солнечных, водяных, огневых, песочных и механических часов, которые сыграли важную роль в истории хронометрии – искусстве измерения времени.

В литературе часто говорится о водяных часах как о «клепсидрах». Это наименование происходит от сочетания двух греческих слов *klepto* – брать и *idor* – вода. Судя по греческому наименованию этих часов, можно было бы ошибочно считать, что именно Греция является колыбелью водяных часов. Однако дело обстоит вовсе не так. В значительно более примитивном виде водяные часы были известны уже египтянам и некоторым культурным народам Дальнего Востока. Греческое происхождение наименования водяных часов свидетельствует о том, что в Древней Греции они как бы «обжились», стали считаться сугубо греческим предметом и что именно греки сделали многое для усовершенствования этих часов.

Клепсидра – древнейшие часы (рис.П2.4.19). В дне сосуда с водой просверлена дырочка, куда вставлена трубочка маленького диаметра. Вода по ней медленно стекает и па-



Рис.П2.4.19. Клепсидра

## Название дисциплины

в другой сосуд, на стенки которого нанесены деления. Роль часовой стрелки выполняет уровень воды. Чем выше он поднимается, тем больше "натекло" времени.

Представляется, что простейшими водяными часами были китайские и индийские часы этого рода. Они имели форму полусферической чаши с небольшим отверстием в дне, через которое медленно вытекала вода. Эти водяные часы, способные измерять продолжительность интервалов времени между моментом помещения чаши на водную поверхность и ее погружением в воду, были, собственно говоря, аналогией одного типа песочных часов, о которых мы упомянем ниже. В Индии водяные часы под названием «яла-янтра» были известны по меньшей мере за 300 лет до нашей эры. Это были преимущественно часы «истечения» с небольшим отверстием в дне. Сначала при восходе Солнца заполняли эти часы водой, которая затем вытекала, так что до вечера процесс заполнения и истечения воды повторялся пять-шесть раз. Первыми, кто пользовался водяными часами, были египтяне, и у них сохранились, по всей вероятности, самые старые водяные часы в мире. Это были» часы «истечения», относящиеся к эпохе владычества Аменхотепа III (1414-1375 гг. до н.э.), хранящиеся в музейных коллекциях в Каире. Они были обнаружены в 1940 г. в храме Аммона в восточных Фебах. На внутренней поверхности их алебастрового корпуса наколами обозначено 12 часовых шкал для измерения времени в соответствующих месяцах. Сосуд заполняли до самого верха водой, которая затем вытекала через небольшое придонное отверстие.

Египтянам были известны разновидности таких часов с поступлением и с вытеканием воды. Об этом сохранились довольно детальные сообщения в обнаруженных папирусах. В них имеются и данные о шкалах, выгравированных на корпусах таких часов. Основной единицей для шкал была мера в палец (палец равен 1/4 ладони или 1/28 локтя, т.е. 18,75 мм). Шкала обычно имела 12 пальцев. Отсюда можно сравнительно легко судить об общем размере таких часов. Египетские «приточные» водяные часы были несколько сложнее аналогичных часов восточного происхождения. Обычно они имели форму цилиндра с 12-часовой шкалой на внутренней поверхности. Часовой сосуд заполнялся водой, поступающей по каплям из специального сопла. Некоторые подобные часы имели поплавков, который после повышения уровня воды до определенной степени открывал выпускной кран. У большинства античных культур длина дневных и ночных часов изменялась в зависимости от сезонов года. Напомним, что вавилоняне

## Название дисциплины

делили день на 12 часов, и длина этих часов зависела от времени между восходом и заходом Солнца.

Арабские, индийские и китайские водяные часы, созданные до нашей эры, были весьма примитивны. И все же древние египетские астрономы сумели с помощью таких часов измерить с приемлемой точностью диаметр Солнца. Их измерение исходило из простого метода – сравнения количества воды, истекшей из водяных часов за период одного оборота Земли, с водой, истекшей за время прохождения кажущегося диаметра Солнца через горизонт. Для полноты нужно добавить, что указанный метод приемлем лишь в тех местах, где Солнце заходит перпендикулярно горизонту, что относится к территории Египта, находящейся к югу от тропика Рака, но не относится к европейским странам.

Наличие водяных часов, не связанное с египетским влиянием, известно и у других древних культур. Примерно около 650 г. до н.э. ассирийцы строили конические водяные часы с круглыми концентрическими временными шкалами, с диапазоном от 2 до 24 ч. Эмпедокл из Акраганта упомянул примерно в 450 г. до н.э. о водяных часах, предназначенных для измерения времени, представляемого ораторам во время судебных процессов. Водяные часы древних ораторов были, по существу, большими амфорами, внутренняя поверхность которых имела форму, образованную вращением параболы или эллипсоида. В такой амфоре высотой около 1 м и шириной несколько более 40 см находилось при ее заполнении около 1 гилона воды. При диаметре отверстия истечения в 1,4 мм требовалось почти 10 ч на полное опорожнение сосуда. Время, истекшее после начала истечения воды, указывалось на шкале, имевшейся на поплавке. Поплавок опускался в амфоре равномерно, поскольку уменьшение скорости истечения компенсировалось уменьшающимся внутренним диаметром сосуда.

Роль водяных часов бывала различной. Военный историк Айнаяс, писавший около 360 г. до н.э., упоминает о том, что с помощью водяных часов измерялась продолжительность ночных дозоров.

Простая форма первых водяных часов постепенно обогащалась новыми элементами.

Ктесибий (ок. 2-1 вв. до н. э.) – древнегреческий механик из Александрии изобрел водяные поплавковые часы. У них циферблат и одна стрелка. Равномерная струя воды текла в сосуд высотой 3 метра, в котором поднимался поплавок – фигурка со стрелкой – палочкой в руке. Палочка направлялась на циферблат,

на котором можно было отсчитывать текущее время (рис.П2.4.20).

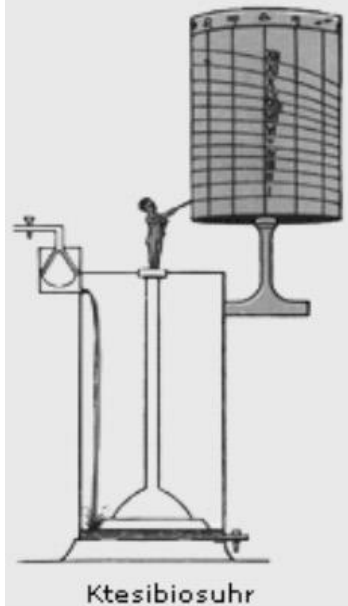


Рис.П2.4.20. Водяные часы Ктесибия



Рис.П2.4.21. Песочные часы

Песочные часы – простейший прибор для отсчета промежутков времени, состоящий из двух сосудов, соединенных узкой горловиной, один из которых частично заполнен песком. Время, за которое песок через горловину пересыпается в другой сосуд, может составлять от нескольких секунд до нескольких часов (рис.П2.4.21).

Наряду с солнечными, водяными и песочными часами использовались и «огненные». Обычно это были свечи с нанесенными на них метками. Расстояние между метками служило единицами времени.

Следующий этап в измерении времени – изобретение механических – башенных колесных часов приписывается монаху Герберту Аврилакскому, позднее ставшему Римским папой Сильвестром II ((950- 1003 гг.). В механических часах использовался постоянный периодический процесс колебаний маятника. В них привод часов осуществлялся гирей, создававшей постоянную силу тяги. Вес гири посредством колесной передачи приводил в действие вращающееся коромысло. Балансир таких часов не имел собственного периода колебаний, поэтому они были не очень

Название дисциплины

Точны.

На циферблатах этих часов была только одна стрелка – часовая, и еще часы каждый час били в колокол (английское слово "clock" – от латинского "clossa" – "колокол"). Позднее к часовой стрелке прибавилась вторая – минутная. Часы идут по часовой стрелке – слева направо – потому что именно в этом направлении движется тень солнечных часов. Однако существуют часы, у которых стрелки двигаются "против часовой стрелки".

В 1288 году уже работали железные башенные Вестминстерские куранты. (Биг-Бен – это название не башни, а 13-тонного колокола, который звонит внутри). В середине XIV в. в городах Европы строили городские колокольни с часами. Колокола отбивали церковные часы, время коммерческих сделок и работы ремесленников. Время необходимо было знать и в мануфактурах, где результат работы зависел от точного соблюдения продолжительности отдельных технологических процессов (рис.П2.4.22).



а)

б)

Рис.П2.4.22. Часы Биг Бен в Лондоне (а); часы на Пражской ратуше (б)

Механические колесные часы надежно работали только на суше, для морских путешествий они не были приспособлены.

В 1657 году голландский ученый Христиан Гюйгенс изготовил механические часы с маятником. Точность часов значительно возросла, но перевозить такие часы все равно было нельзя. В 1670 году был изобретен анкерный спуск, обеспечивавший равномерный ход часового механизма.

Компактные переносные механические хронометры стало возможным изготавливать после изобретения Гюйгенсом в 1675 году вращательного балансира и использования пружины вме-

## Название дисциплины

сто гирь. Сочетание крутильного маятника, спиральной пружины и анкерного спуска открыло дорогу созданию массовых малогабаритных часов, морских хронометров и значительно повысило точность астрономических наблюдений.

Часы являются сегодня самым массовым измерительным прибором – их годовое производство в мире превышает 300 миллионов штук, а измерение времени – самым массовым измерением: ежедневно на земном шаре производится несколько десятков миллиардов таких измерений. Мы тоже порой и неосознанно измеряем время. Каждый взгляд, который мы бросаем на часы, означает вопрос – «который час?»

Измерение времени является в наши дни и самым точным видом измерений: предельная точность измерения времени определяется сейчас весьма малой величиной – погрешностью 1 с за 300 тыс. лет. Даже обычные бытовые часы с погрешностью 20 с. в сутки (0,02%) сравнимы по точности с образцовыми измерительными приборами в других видах измерений, например в электроизмерениях.

Особый интерес представляют вопросы измерения времени у наших предков – славян. У них были священные числа: 3, 4, 7, 9, 16, 33, 40, 108, 144, 369. До сих пор мы используем эти числа: в 16 лет получаем паспорт, на 9-й и 40-й день поминаем усопших и т. п. У наших Предков было 9 сторон света. Если каждую из них поделить на 40 частей, то получится окружность из 360 градусов, которыми мы пользуемся и теперь.

Каждые сутки были разделены на 16 часов, каждый час содержал 144 части, в каждой части было 1296 долей, в каждой доле – 72 мгновения, в каждом мгновении – 760 миггов, в каждом миге – 160 сигов.

Для того чтобы понять, какими величинами оперировали наши предки, достаточно привести один простой пример: одна из самых малых частиц времени у славяно-арийских народов называлась "сиг". Изображалась она Руной в виде молнии. Наиболее быстрое перемещение с одного места на другое оценивалось в сигах. Отсюда и старые русские выражения типа "сигать", "сигануть".

Чему же равен 1 сиг в современных единицах времени? Ответ заставляет задуматься любого: в одной секунде содержится 300244992 сига, а 1 сиг примерно равен 30 колебаниям электромагнитной волны атома цезия, взятого за основу для современных атомных часов (или примерно 1/300 млрд. доля секунды). Зачем же нашим предкам нужны были такие малые величины? Ответ

прост – для измерений сверхбыстрых процессов. Таким образом, древние выражения “сигать”, “сигануть” в современном языке могут означать только “телепортировать”.

А самая большая величина расстояния “дальняя даль” равна примерно 1,4 светового года. Очевидно, что такие единицы длины были нужны только для описания расстояний до других звездных систем. Аналогично и самый большой период времени “Сварожий Круг” был равен периоду прецессии земной оси в 25 920 лет, который почему-то остается незамеченный современниками, привыкшими жить масштабами одной человеческой жизни, а не временными масштабами существования Человечества.

Из сказанного следует, что история человечества гораздо сложнее и старше, чем представляется в современных знаниях. Однако имеющиеся фрагменты пока не позволяют получать его полную картину, но по мере накопления знаний такая картина рано или поздно сформируется.

## **2.5. Организация технического обслуживания и ремонта машин**

Оборудование, прошедшие все необходимые этапы жизненного цикла, должно поступить в эксплуатацию в пригодном состоянии и выдерживать все требования к его работе в течение заявленного производителем времени, называемом ресурсом работы, в условиях многочисленных воздействий рабочего продукта и факторов окружающей среды, вплоть до их недопустимых значений.

Последствия этих воздействий таковы, что оборудование может потерять свое прямое назначение (выйти из строя) или потерять свои некоторые эксплуатационные свойства. Для нейтрализации последствий этих воздействий проводится комплекс мероприятий производственной эксплуатации по поддержанию эксплуатационных свойств оборудования. Но как бы бережно не эксплуатировалось оборудование, износ, процессы старения всё равно рано или поздно приводят к утрате эксплуатационных свойств. Статистические данные показывают, что при отсутствии ремонтных мероприятий в год может выходить из строя 25% основного оборудования, пускозащитное – 30% и т.д., что сопряжено с большими потерями как на восстановление, так и по упущенной выгоде. Эти потери так велики, что оказывается экономически выгодным организовывать специальные эксплуатационные службы предприятий, на которых возлагается задача вос-



становления утрачиваемых эксплуатационных свойств. Расходы на их содержание значительно ниже, чем утраченная выгода от отказов оборудования. Производитель продукции, как правило, получает большую выгоду от обеспечения бесперебойности работы и долговечности оборудования.

### **2.5.1. Принципы построения систем технической эксплуатации**

Для обеспечения надежной работы оборудования разрабатывают и применяют на практике систему технической эксплуатации оборудования.

Эта система представляет собой совокупность взаимосвязанных мероприятий, средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему.

На основе этих положений создают системы технического обслуживания и ремонта оборудования в отрасли переработки зерна. При этом важное значение имеет правильный выбор следующих основных характеристик системы:

- принцип технической эксплуатации;
- структура ремонтного цикла;
- периодичность работ;
- типовой состав операций обслуживания и ремонта;
- трудоемкость и стоимость работ.

Принципы технической эксплуатации – правило выбора момента контроля и восстановления свойств оборудования. Известны три принципа: послеаварийный, профилактический и послеосмотровый.

Послеаварийный принцип – это обслуживание по необходимости, когда восстановительные работы осуществляют лишь после выхода из строя оборудования; плановые профилактические мероприятия не проводят.

Аварийно-восстановительному ремонту присущи существенные недостатки:

- беспланный вывод оборудования в ремонт приводит не только к нарушению нормального хода производства, но и к дезорганизации работы ремонтной службы;
- не предусматривается необходимость планомерного осуществления комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на повышение долговечности оборудования и поддержание его работоспособности;

- резко возрастающий объем ремонтно-восстановительных работ в совокупности с невозможностью заблаговременно выполнить необходимые подготовительные работы приводит к значительным производственным потерям не только из-за длительного простоя оборудования, но и вследствие значительного повышения стоимости ремонта;

- отсутствуют данные об объеме предстоящих ремонтных работ, что обуславливает необходимость «омертвления» оборотных средств в излишних запасах материально-технических ресурсов.

Профилактический принцип состоит в том, что независимо от технического состояния оборудования проводят профилактические мероприятия в плановые сроки, при выходе из строя элементов или устройств в целом осуществляют их восстановление (замену).

Профилактические мероприятия могут быть календарными или регламентными. В первом случае профилактику выполняют через строго определенные календарные периоды времени независимо от режима использования оборудования. Во втором – после регламентированной наработки, учитывающей загрузку, точную, сезонную и годовую занятость оборудования.

Целесообразность применения календарной или регламентной системы профилактики можно определить по интенсивности отказов оборудования при работе  $\lambda_p$  и простое (хранении)  $\lambda_x$ , а также по продолжительности периодов работы  $T_p$  и простоя  $T_x$  в течение года. Такая система называется планово-предупредительной.

Если  $\lambda_p T_p > \lambda_x T_x$ , то целесообразно применять регламентную техническую эксплуатацию, если  $\lambda_p T_p < \lambda_x T_x$  – календарную.

Эта система достаточно эффективна, предполагает полную замену всех узлов и агрегатов по выработке ресурса, не дожидаясь отказов. Применяется в передовых ответственных технических системах, например, в авиации, морских судах, оружейных системах. Но в пищевой промышленности считается расточительной, кроме того, она требует наличия мощных ремонтных предприятий.

Профилактический принцип тем не менее перспективен благодаря следующим его преимуществам:

- за счет периодических профилактик, выполняемых через определенное, правильно установленное время использования оборудования, суммарный объем работ по технической эксплуатации снижается до некоторого

## Название дисциплины

наименьшего значения, достаточного для поддержания технического состояния машин на требуемом уровне;

- за счет плановых систематических профилактик каждой единицы оборудования наименьший уровень работ по технической эксплуатации неизменного парка оборудования остается практически постоянным;
- весь ряд профилактических работ, выполняемых в течение срока службы оборудования, состоит из последовательно повторяющихся однотипных циклов работ.

Послеосмотровый принцип – это обслуживание по состоянию оборудования, при котором в плановом порядке проводят лишь диагностические проверки (осмотры), а необходимые профилактические (восстановительные) работы назначают с учетом фактического состояния оборудования.

В процессе планового осмотра выявляют изношенные узлы и детали и составляют соответствующий план мероприятий по восстановлению оборудования.

Достоинства: своевременное выявление накапливаемых неисправностей. Недостатки: не исключает аварии, а только уменьшает их число. Реакция на неисправность всегда запаздывает. Кроме того, между периодами работы возникают паузы в функционировании ремонтных служб.

Послеосмотровый принцип сохраняет качества профилактического и имеет дополнительные преимущества. При его осуществлении более точно учитывается состояние оборудования и поэтому предотвращается прогрессирующий износ, что позволяет сократить число ремонтов, гарантировать безотказную работу в ответственные периоды и т. п. Однако применение послеосмотровой технической эксплуатации требует развитых средств диагностики и прогнозирования состояния оборудования.

В чистом виде эти принципы в отрасли зернопереработки не нашли применения из-за их дороговизны и неприспособленности к условиям агрокомплекса. Применяется особая комбинированная система – плано-предупредительный ремонт (ППР).

В эту систему входит наиболее рациональное из систем послеосмотрового и периодического ремонтов. Она разработана на основе обобщения результатов исследований, выполненных различными научно-исследовательскими организациями, анализа систем ППР, действующих в различных отраслях народного хозяйства, с учетом передового опыта эксплуатации оборудования и требований заводов-изготовителей оборудования.

Принципиальное отличие системы планового ремонта от

системы послеосмотрового ремонта заключается в том, что планируемый нормальный объем ремонтных работ по каждому объекту определяют предшествующим осмотром и базируют на научном обобщении накопленных за относительно продолжительный период опытно-статистических данных.

От системы стандартного ремонта система планового ремонта отличается тем, что объем ремонтных работ можно корректировать не только по систематически накапливаемым данным о дефектах, но и по результатам осмотра оборудования и окончательно уточнять в зависимости от фактически сложившегося технического состояния оборудования. Иначе говоря, существенно важной становится информация, базирующаяся на достоверных сведениях об эксплуатационной надежности оборудования.

### **2.5.2. Структура ремонтного цикла**

Это совокупность и последовательность работ, выполняемых при технической эксплуатации оборудования между двумя капитальными ремонтами, когда их ресурс возобновляется.

Основными эксплуатационными работами являются: техническое обслуживание, текущий ремонт и капитальный ремонт.

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс операций для поддержания исправности или работоспособности оборудования при его использовании по назначению, хранении и транспортировании. ТО обеспечивает исправность (работоспособность) за счет своевременного устранения причин или мелких неисправностей, которые могут вызвать отказ. ТО проводят на месте установки оборудования без нарушения технологического производственного процесса.

Текущий ремонт (ТР) – это работы, выполняемые для обеспечения или восстановления работоспособности машин и состоящих в замене или восстановлении отдельных их частей. Назначение ТР вытекает из известного положения о неравнопрочности элементов любого оборудования. За счет своевременной замены недолговечных элементов (частичное восстановление) ТР обеспечивает поддержание работоспособности всей машины. ТР выполняют на месте установки оборудования или в ремонтной мастерской.

Капитальный ремонт (КР) – это мероприятия, выполняемые для восстановления исправности машины и полного или близкого к полному восстановлению ресурса любых его частей, включая базовые. Такие работы выполняют специализированные ремонт-

Название дисциплины

ные предприятия.

Кроме перечисленных работ, служба технической эксплуатации должна выполнять оперативно-дежурное обслуживание, консервацию и расконсервацию оборудования при его хранении, контрольные измерения и профилактические испытания.

Оперативно-дежурное обслуживание обеспечивает быстрое (оперативное) устранение мелких отказов оборудования, а также проведение любых отключений и включений, вызванных производственной необходимостью.

Все эти мероприятия, выполняемые с разной периодичностью, образуют структуру ремонтного цикла.

Календарную продолжительность между капитальными ремонтами или от начала эксплуатации до первого капитального ремонта называют ремонтным циклом.

Типовая структура ремонтного цикла триера показана на рис. 2.5.1. Он предусматривает семь периодических технических обслуживаний машины между текущими ремонтами, три текущих ремонта до капитального ремонта. Продолжительность цикла шесть-восемь лет.

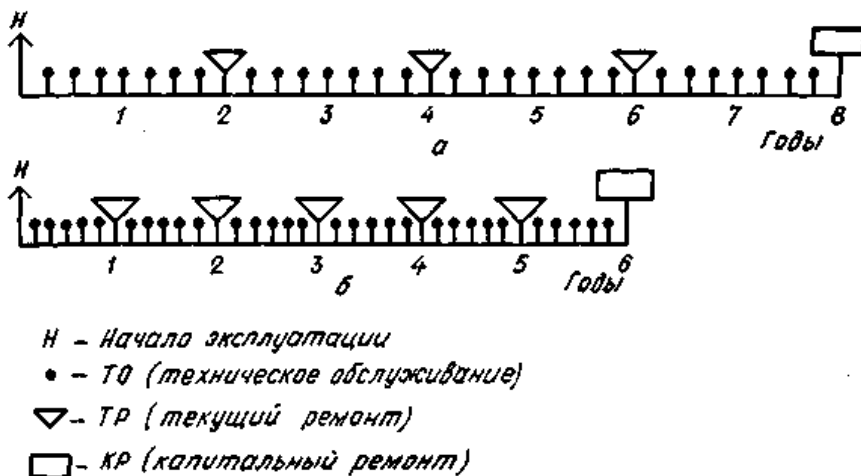


Рис.2.5.1. Структура ремонтных циклов триеров в легких (а) и тяжелых (б) условиях эксплуатации

Структура ремонтного цикла зависит от вида оборудования и условий его эксплуатации. Например, техническое обслуживание (ремонт) машин проводят с разной периодичностью, если их

## Название дисциплины

используют в неодинаковых условиях: в сухих помещениях ремонтный цикл составляет 8 лет (см. рис.2.5.1, а), а в особо сырых – 6 лет (рис.2.5.1, б).

При послеаварийной технической эксплуатации восстановительные работы выполняют по мере необходимости. При послеосмотровой технической эксплуатации периодичность зависит от состояния оборудования. При профилактических работах периодичность определяют исходя из принятого критерия эффективности эксплуатации, например приведенных затрат на единицу наработки.

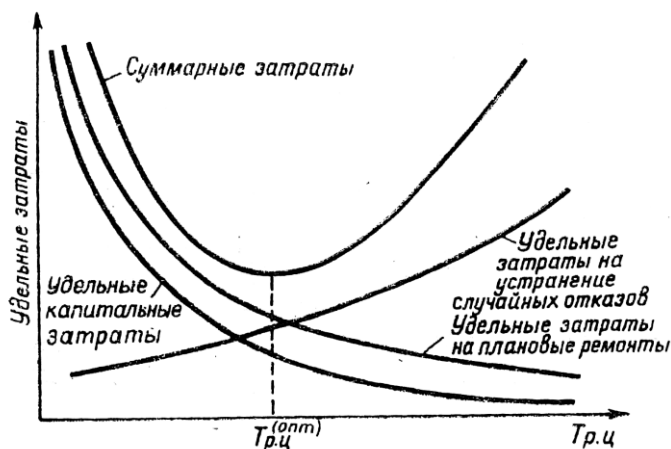


Рис.2.5.2. Графики для выбора оптимальной периодичности профилактик

В упрощенном виде задача расчета периодичности работ по критерию приведенных затрат состоит в сопоставлении изменений затрат на выполнение плановых ремонтов, ТО и устранение случайных отказов с затратами на капитальный ремонт и размером технологического ущерба. На рис.2.5.2 приведены обобщенные кривые этих характеристик. Из графиков видно, что с увеличением периодичности затраты на профилактические работы за срок службы изделия уменьшаются из-за сокращения суммарного числа проводимых профилактик. Но при этом неизбежно возрастают интенсивность отказов и затраты на капитальный ремонт, а также размер технологического ущерба. Суммируя эти составляющие при разных значениях  $T_{р.ц}$ , получим график изменения суммарных затрат. Периодичность, при которой суммарные затраты становятся наименьшими, считается наилучшей, то есть оптимальной –  $T_{р.ц.опт}$ .

### 2.5.3. Организация системы плано-предупредительного ремонта и технического обслуживания

При плано-предупредительной системе обслуживания все действующее оборудование разделяют на две группы: первая группа – оборудование, ремонт которого возможен лишь при прекращении работы цеха; вторая группа – оборудование, ремонт которого без ущерба для производства возможен в условиях непрерывающейся работы цеха. Такое группирование необходимо для того, чтобы, не снижая качества ремонта, можно было увеличить рабочий период предприятия и наиболее рационально использовать производственно-технические возможности ремонтной службы.

Для плано-предупредительного ремонта оборудования первой группы в планах использования годового фонда времени предусматривают через определенное время кратковременные остановки общей продолжительностью 48 ч в месяц и длительную остановку на так называемый годовой ремонт продолжительностью 25-30 дней.

Система ППР ТО предусматривает следующие виды работ:

- ежедневный дежурный уход и надзор за оборудованием;
- периодические плановые осмотры, поверки и целевые испытания;
- межремонтное техническое обслуживание ТО;
- плановые текущие ремонты;
- капитальные ремонты;
- контрольные испытания отремонтированного оборудования;
- модернизацию.

Дежурное техническое обслуживание оборудования охватывает комплекс работ, в который входит: обеспечение нормального функционирования машин, аппаратов и механизмов; оперативный механико-технологический контроль эффективности и энергоемкости осуществляемых процессов; контроль заполнения смазочных устройств доброкачественными маслами и консистентными смазками; поддержание оборудования в должном санитарно-гигиеническом состоянии и контроль исправности защитно-оградительных и предохранительных средств охраны труда и пожаро- и взрывоопасности.

Включает оперативный технологический контроль качества и энергоемкости технологического оборудования. Главным итогом

его деятельности являются записи в журнале контроля работы оборудования, которые ведутся и передаются сменщику; журнал служит программой работ для ТО и ремонта.

Межремонтное техническое обслуживание осуществляет сменный эксплуатационный и ремонтный персонал без нарушения производственных процессов. Основные задачи этого вида обслуживания: своевременное устранение несложных дефектов в механизмах передачи движения, приводящих к ненормальным виброакустическим эффектам и к нарушению равномерности хода; наладка разрегулированных систем управления и установочных механизмов; замена уплотнений, пришедших в негодность; перешивка и натяжение ослабленных регулируемых и нерегулируемых гибких передач; подтягивание или замена резьбовых соединений; выполнение всех необходимых работ, связанных с содержанием в исправности технических средств охраны труда и пожаро- и взрывоопасности.

В зависимости от сложности различают ТО-1 и ТО-2. Границы между ними достаточно условные. Принято считать, что работы по ТО-1 не связаны с разборкой машины.

Межремонтное обслуживание, носящее профилактический характер, выполняют, когда предприятие работает, а также в период декадных (недельных) остановок по технологическим причинам.

От полноты и качества межремонтного обслуживания в значительной мере зависит объем очередных плановых ремонтов.

При внедрении системы планово-периодического ремонта важно ликвидировать обезличенную ответственность за сохранность оборудования и тщательно проверять состояние оборудования в течение смен. В сменный производственно-технический журнал следует заносить все обнаруженные дефекты, как устраненные, так и подлежащие устранению дежурным и ремонтным персоналом.

Технические осмотры оборудования проводят для периодического контроля состояния важнейших узлов и комплектов, а также для оценки безопасности их в эксплуатации. Осмотр проводят в плановом порядке по заранее установленному графику.

Наружные осмотры с проверкой нормальности функционирования оборудования ведут без разборки для выявления внешне проявляющихся дефектов, а также путем вскрытия крышек для возможной оценки состояния узлов.

Внутренние осмотры и ревизии, проводимые по обязательной программе за 1,5-2 месяца до вывода оборудования в ремонт,



## Название дисциплины

связаны с разборкой наиболее изнашиваемых узлов. При таких осмотрах одновременно с уточнением содержания подготовительных работ и предстоящего ремонта заменяют необходимые детали, степень износа которых не обеспечивает надежной работы машины до ее очередной остановки. При этом попутно устраняют мелкие дефекты, регулируют сопряжения, заменяют гибкие передачи и др.

Результаты профилактических осмотров и испытаний оборудования с указанием работ, подлежащих выполнению в период предстоящего ремонта, должны быть возможно точнее занесены в ведомость общих, поузловых и поддетальных дефектов.

Текущий плановый ремонт включает: общий объем работ, предусмотренных для межремонтного и осмотрового обслуживания; замену крепежных деталей и регулирование зазоров в подвижных сопряжениях; разборку и промывку подшипниковых узлов и заполнение их смазочным материалом; замену или восстановление быстроизнашивающихся деталей, рабочих органов и гибких передач, срок службы которых меньше межремонтного периода; устранение недостатков, обнаруженных при выверке и регулировании механизмов управления машиной; замену набивок и прокладок на трубопроводных системах, обслуживающих гидротермическую обработку зерна; мелкий ремонт защитно-оградительных и предохранительных устройств; частичное восстановление окраски. Текущий ремонт – основной планово-предупредительный ремонт.

Включает объем работ, предусмотренный заводской инструкцией. Отличительным признаком является демонтаж и замена деталей запасными частями.

Ко второй группе ремонта относится средний и капитальный ремонт.

Средний плановый ремонт не предусмотрен действующим положением, но на многих предприятиях по хранению и переработке зерна его проводят. Кроме работ, предусмотренных для текущего ремонта, средний плановый ремонт включает: частичную ревизию оборудования и регулирование основных комплектов; восстановление или замену отдельных узлов, износ которых выше допустимого; частичное восстановление рабочих органов (например, абразивных поверхностей); регулирование оборудования и испытание его под нагрузкой; окрашивание наружных нерабочих поверхностей с подшпатлевкой.

Капитальный плановый ремонт осуществляют с периодичностью более одного года через 1 – 5 лет. Он предназначен для

полного восстановления ресурса оборудования.

Кроме работ, предусмотренных для среднего ремонта, капитальный ремонт включает: полную разборку и промывку важнейших узлов, замену или восстановление значительной части деталей, имеющих предельно допустимый износ или местные выработки; поузловую проверку качества балансировки и сборки, а также координирования и взаимодействия сопряженных деталей и узлов; замену рабочих органов, а в необходимых случаях крепежных изделий и передач; ремонт предохранительных и защитно-оградительных устройств; проверку действия средств блокировки функциональных и трансмиссионных механизмов; полное восстановление окраски внутренних и наружных поверхностей, возобновление малозаметных делений и цифр на лимбах и регистрах.

Кроме того, при капитальном ремонте проводят весь комплекс наладочных работ. Оборудованию должна быть дана гарантия, поэтому капитальный ремонт целесообразно проводить специализированными ремонтными предприятиями.

В рационально организованном ремонте завершающим этапом являются контрольные и наладочно-регулирующие испытания оборудования, проводимые ремонтным и эксплуатационным персоналом.

При контрольных испытаниях отремонтированного оборудования проверяют: геометрическую точность положения сопряженных деталей и величину зазоров в подвижных соединениях; правильность взаимодействия механизмов; радиальные и осевые биения вращающихся элементов оборудования; плотность и жесткость неподвижных соединений; виброакустические показатели.

Наладочно-регулирующие и эксплуатационно-технические (режимные и балансовые) испытания выполняют для достижения заданной работоспособности сопряженного технологического, транспортирующего, энергетического и вентиляционного оборудования, а также оборудования для автоматического управления рабочими процессами. Конечная цель таких испытаний – совершенствование реализуемых технологических процессов, повышение их экономичности и достижение наиболее высокой эксплуатационной надежности действующего оборудования.

Ремонтная модернизация оборудования. При проведении капитальных ремонтов целесообразно не просто восстановить прежнюю конструкцию, а на основании данных эксплуатации повысить надежность и эксплуатационные свойства оборудования.

## Название дисциплины

Модернизация оборудования – неразрывная часть развития и обновления техники для повышения ее экономической эффективности и устранения последствий морального изнашивания.

Виды модернизации:

- ремонтная – на базе использования современных достижений техники, технологии и передового опыта;
- технологическая – связанная с внедрением прогрессивных процессов производства продукции;
- общетехническая – направленная на улучшение эксплуатационно-технических и экономических показателей работы оборудования.

Основными технико-экономическими направлениями ремонтной модернизации являются: повышение монтаже- и ремонтной пригодности оборудования; замена дорогих и дефицитных конструкционных материалов более экономичными, в частности пластмассами; применение упрочняющих технологий для быстроизнашивающихся сопряжений; использование материалов рациональных профилей; замена сварных деталей литыми; улучшение смазочной системы; автоматизация управления гибкими передачами и совершенствование приводов.

В процессе ремонтной модернизации проводят и ремонтную унификацию, т.е. конструктивно-технологические изменения действующего оборудования, необходимые для осуществления полной, групповой или ограниченной взаимозаменяемости деталей и узлов (например, использование однотипных подшипников качения в примерно одинаково нагруженных узлах, переход к метрической крепежной резьбе от дюймовой, применяемой в некоторых импортных машинах). Тем самым ремонтная организация уменьшает объем ремонтных работ.

Таким образом, при капитальном ремонте, являющемся замыкающим звеном одного ремонтно-эксплуатационного цикла и одновременно начальным звеном для следующего цикла, устраняют последствия физического износа оборудования.

В системе планово- предупредительного ремонта также различают: ремонтный цикл оборудования – период между двумя капитальными ремонтами; межремонтный период – период между двумя очередными плановыми ремонтами; межосмотровый период – период между двумя очередными осмотрами. Количество и порядок чередования указанных выше видов ремонтных оценок и воздействий, а также их продолжительность совокупно определяют структуру ремонтного цикла (см. рис.2.5.1), но между текущими ремонтами периодические осмотры задают объём техниче-

ских обслуживаний и ремонта. Может быть, что после осмотра объём очередного обслуживания будет признан нулевым или может быть прерван ремонтный цикл направлением оборудования сразу в капитальный ремонт. Правильное определения продолжительности ремонтного цикла и его структуры имеет решающее значение для эффективной организации планово-предупредительного ремонта и обоснованного графика вывода оборудования в ремонт.

Физический объём ремонтных работ определяют двумя методами в зависимости от конструктивной и монтажной сложности машины, характера динамического нагружения ее и долговечности наиболее ответственных узлов.

Планирование объемов работ по первому методу заключается в том, что все оборудование в зависимости от потребности в слесарных и станочных работах для проведения текущего ремонта разбивают на семь групп (категорий) ремонтной сложности. Если трудоемкость текущего ремонта простейшего вида оборудования (первой группы) принять за условную единицу ремонтосложности (6 и 3 чел.-ч на слесарные и станочные работы) и, далее, принять практически постоянным соотношение между трудоемкостями осмотра, текущего, среднего и капитального ремонтов (0,1 : 1 :3:5), то трудоемкость периодического ремонта любого объекта будет представлять собой произведение трудоемкости ремонта оборудования первой группы на показатель сложности и на коэффициент объема ремонта. Так, трудоемкость капитального ремонта вальцового станка седьмой группы сложности будет равна  $9 \times 7 \times 5 = 315$  чел.-ч.

По второму методу в качестве показателя объёма работ принимают расценочные сметы работ. В качестве основы для составления смет принимают средние прогрессивные нормы трудовых и материальных затрат на ремонтные операции, стоимость материально-технических ресурсов в текущих ценах, основную и дополнительную заработную плату ремонтного персонала, накладные расходы.

Таким образом, во всех своих звеньях технически и экономически рассматриваемая система базируется на планово-реализуемых профилактических воздействиях на оборудование.

Практика применения системы ППР ТО подтверждает ее высокую эффективность. Строгое выполнение требований этой системы позволяет увеличить срок службы оборудования в 2-3 раза и снизить эксплуатационные расходы на 25-30%.

### 2.5.4. Организация обслуживания технологического оборудования

Существует несколько принципов организации обслуживания технического оборудования:

- децентрализованные (все работы, кроме капитального ремонта, проводятся силами самого предприятия выполняя дежурный персонал и работников службы ТО). Достоинства: повышается оперативность. Недостатки: недостаточная квалификация рабочих, отсутствие запасных частей, большие затраты труда. Необходимость приобретения дорогостоящего ремонтного оборудования;
- централизованные (все работы поручаются другим специализированным организациям). Недостаток – дорого;
- смешанная форма – наиболее сложные работы периодически поручаются другим организациям, а всю текущую оперативную работу выполняют службы эксплуатации данного предприятия. В принципе, сочетание достоинств первого и второго типов принципа организации. Эта форма наиболее распространена.

Предприятия отрасли обязательно должны иметь службу эксплуатации. Рекомендуемая структура службы эксплуатации показана на рис.2.5.3.



Рис.2.5.3. Примерная структура организации эксплуатационной службы предприятия

При организации новой службы эксплуатации необходимо представить обоснование ее штатов, площадей, финансирование, экономический эффект в виде проекта. Исходными данными для проекта служит перечень обслуживаемого оборудования, сопроводительная документация на него и план организации (ППР ТО).

Обычно типовый проект содержит следующие разделы:

- Производственная и техническая характеристика

## Название дисциплины

предприятия.

- Количество и виды оборудования, загрузка, условия работы, обоснование необходимости механизации работ.
- Сводная ведомость машин и оборудования.
- Нормы времени на работы и квалификация исполнителей (для каждого вида работ). Используются данные заводов изготовителей и аналоги, опытные данные. Используются также инструкции по эксплуатации и обслуживанию. Учитываются данные по периодичности обслуживания, трудоёмкости, коэффициенту сложности. Если таких данных нет, то принимается, что дежурное обслуживание ежедневное, осмотры и ТО-1 один раз в 1-2 недели, ТО-2 – 4-6 недель, текущий ремонт 1-2 раза в год.
- Расчет трудоёмкости обслуживания машин j-го вида ведется по формулам для каждого разряда исполнителей:

$$T_j(R) = \sum t_i p_i n_i k_i,$$

где  $t_i$  – трудоёмкость i-го вида работ; (в отрасли зернопереработки типовое отношение трудоёмкости текущего, среднего и капитального ремонта 0,1 : 1 : 3);  $p_i$  – периодичность i-го вида работ;  $n_i$  – число единиц такого оборудования;  $k_i$  – коэффициент сложности, зависит от категории сложности оборудования. В отрасли делят оборудование на 7 категорий.

Трудоёмкость для каждого разряда определяется суммированием по видам машин :

$$T(R)_{\text{сум}} = \sum T_j(R).$$

Суммарная трудоёмкость  $T_{\text{сум}}$  определяется суммированием по разрядам:

$$T_{\text{сум}} = \sum T(R).$$

- Расчёты штатов рабочих каждого разряда (явочное число):

$$A_R = T_{\text{сум}} / \Phi_{\text{год}},$$

где  $\Phi_{\text{год}}$  – годовой фонд времени одного рабочего.

Списочное число на 13 % больше:

$$A_{R\text{спис}} = 1,13A_R.$$

Дробные значения округляют. Для контроля результата ориентируются на принятые в отрасли соотношения разрядов вспомогательных рабочих: 1-й и 5-й разряды – не более 10%, 6-й – 5%, большинство – 4-й разряд.

Количество ИТР выбирается не более 15 % от числа ре-

МОНТНИКОВ.

- Расчет площадей. Он должен составлять примерно 5м<sup>2</sup> на одного рабочего, не считая площади на станки. Плюс площади на оборудование, шкафы, стеллажи. Прорабатывается планировка помещений.
- Техническое оснащение. Назначается необходимое оборудование и приборы (список и сумма затрат).
- Определяются затраты на оборудование, материалы и зарплату.
- Определяются затраты на охрану труда и жизнедеятельности.

Проект должен быть утвержден у главного инженера и главного бухгалтера.

### 2.5.5. Экономическая эффективность эксплуатации оборудования

Эффективность эксплуатации можно установить по статьям затрат на основные и сопутствующие работы. При этом исходят из показателя себестоимости продукции:

$$C = \sum_i^n C_i$$

где  $C_i$  – отдельные статьи затрат: зарплата, стоимость материала, энергии, амортизация, затраты на ТО, затраты на восстановление и ремонт.

Задачи эксплуатации – по возможности уменьшить все статьи, но они поддаются снижению в разной степени. Статьи восстановления и ремонта являются заботой службы технической эксплуатации.

Эффективность эксплуатации можно рассматривать и как оптимизационную задачу и оценивать по удельным затратам и упущенной выгоде при достижении определенной цели. Тогда для оценки эффективности принимают некоторые характеристики изучаемой системы. В соответствии с действующей отраслевой методикой оценки капитальных вложений и новой техники критерием эффективности служат приведенные (расчетные) затраты. Они состоят из суммы капитальных вложений  $K$ , приведенных к одному году при помощи коэффициента нормативной эффективности  $E_n$ , и годовых текущих затрат, то есть издержек производства  $I$ :

$$\zeta = \dot{A}_f \hat{E} + \dot{E}.$$

Этот критерий можно использовать при поиске оптимальных решений эксплуатационных затрат, когда сравниваемые варианты равноценны по конечному результату. Обычно намечаемые эксплуатационные мероприятия приводят к изменениям затрат, потребляемой электроэнергии и конечных результатов производственного процесса. В этом случае применяют критерий удельных приведенных затрат

$$\zeta = \frac{\dot{A}_f \hat{E} + \dot{E} + O}{W},$$

где  $Y$  – ущерб производственной системы, обусловленный некачественным функционированием оборудования;  $W$  – количество потребленной электроэнергии за год.

Ежегодные издержки производства, зависящие от оборудования, определяют по выражению

$$I = I_{\text{рен}} + I_{\text{кр}} + I_{\text{э}} + I_{\text{то}} + I_{\text{тр}} + I_{\text{пр}},$$

где  $I_{\text{рен}}$  – амортизационные отчисления на реновацию, предназначенные для полного возмещения основных фондов по истечении срока службы машин;  $I_{\text{кр}}$  – амортизационные отчисления на капитальный ремонт;  $I_{\text{э}}$  – затраты на электроэнергию;  $I_{\text{то}}$  – затраты на техническое обслуживание (оперативное и плановое);  $I_{\text{тр}}$  – затраты на текущий ремонт;  $I_{\text{пр}}$  – прочие затраты.

Принято считать, что вариант решения, для которого критерий имеет наименьшее из возможных значений, наиболее эффективен. Эксплуатация оборудования, при которой потребность производственного процесса в энергии удовлетворяется полностью при наименьших приведенных удельных затратах, называется оптимальной по удельным затратам.

Практическая ценность результатов исследования по приведенным формулам тем выше, чем полнее учтены реальные условия эксплуатации при их математическом описании.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.5

### ИСТОРИЯ ЧЕРЧЕНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

На любом этапе строительства зерноперерабатывающих предприятий, монтаже, наладке оборудования и его ремонте используются чертежи объектов и машин. Чертеж – это графическая модель будущего объекта, это «язык инженера».

История черчения и изготовления чертежей уходит в дале-



## Название дисциплины

кое прошлое, но тем не менее точка отсчета известна – это культура Древнего Египта, примерно 2600 лет до н.э.

В повседневной жизни человек руководствуется зрительными образами, возникающими в его сознании, то есть образами перцептивного пространства. Они в значительной мере определяют его поведение, и поэтому интерес к этим образам вполне закономерен. Понятно и желание человека запечатлеть их на рисунке. Наряду с пространством зрительного восприятия существует объективное пространство, в котором человек живет, но которого не видит. Чтобы придать этому утверждению некоторую наглядность, можно пояснить, что объективное пространство человек познает не с помощью зрения, а с помощью осязания. Объективную форму предмета он узнает, взяв его в руки... Конечно, при этом заметную роль играет и зрение, но не неподвижный взгляд из одной точки, а некое суммарное впечатление, возникшее как результат осмотра объекта со всех сторон. Человек, следовательно, имеет дело с двумя разными пространствами: перцептивным и объективным.

Для передачи объективного пространства на плоскости изображения разработана совокупность специальных методов – черчение. Полученное изображение называют чертежом. Чертеж передает геометрию объективного, а рисунок в отличие от него – геометрию перцептивного пространства. Таким образом, один и тот же предмет можно изобразить двумя различными способами: на рисунке и на чертеже. Оба эти изображения будут правильными, но на одном будет показана геометрическая форма предмета в пространстве зрительного восприятия, а на другом – в объективном пространстве. Какое из двух изображений предпочесть, решается в зависимости от поставленной задачи.

Изобразительную культуру Древнего Египта можно назвать «художественным черчением».

Метод ортогональных проекций, применяемый ныне в черчении, рекомендует вполне определенное положение изображаемого объекта относительно плоскости изображения: такое, при котором наиболее полно передаются его характерные геометрические особенности. В древнеегипетском искусстве это стало основным правилом. Обычно при изображении фигур человека и животных выбирался вид сбоку. Это действительно наиболее информативная проекция, ведь при виде спереди стоящий и идущий были бы неотличимы. В то же время убитые враги, лежащие на земле, показываются с использованием вида сверху, то есть тоже в наиболее характерной проекции. Сказанное наблюдается и при

## Название дисциплины

изображении растений, предметов и т.п.

Если при изображении тех или иных фигур можно говорить об известной свободе художника (он сам выбирает вид проекции), то изображение земли, на которой стоят эти фигуры, подчинено требованиям, носящим уже обязательный характер. Землю можно показать лишь в плане – при видах спереди и сбоку земная поверхность от самого переднего плана и до горизонта проецируется в линию, и фигуры людей и животных как бы стоят на горизонте. В результате в древнеегипетской живописи поверхность земли (если это не план) изображается в виде четкой, обычно прямой горизонтальной линии, которую называют опорной. Эта линия обретает рациональный смысл лишь в системе ортогональных проекций в качестве боковой проекции горизонтальной поверхности земли.

Обязательный способ изображения земной поверхности приводит к своеобразному решению проблемы пространственности. Если надо передать неглубокое пространство, то из всех известных признаков глубины используется единственный воспроизводимый на чертеже – перекрывание (близкий предмет заслоняет собою дальний). Если необходимо показать глубокое пространство, то в этом случае нет другого способа передачи глубины, кроме обращения к плану. Лишь с помощью плана можно показать такие образования на поверхности земли, как река или пруд, – все то, что при любой боковой проекции слилось бы с опорной линией.

Если одна проекция некоторой детали не дает достаточно полного представления о ней, а показ второй проекции представляется известным излишеством, то в техническом черчении прибегают к условному приему: например, вся деталь показана спереди, а одна из ее частей в условном повороте сбоку. Так происходит условное совмещение двух проекций на одном изображении. Именно этот вполне узаконенный в техническом черчении прием использовали древнеегипетские художники при изображении человеческой фигуры. В ней основным направлением проецирования является вид сбоку, однако плечи передаются так, как будто это вид спереди. Такое "странное" изображение человеческих фигур в рамках черчения вполне допустимо и разумно. Хотя этот способ и был самым распространенным, он не был абсолютно обязательным. Если изображалась трудовая деятельность человека (пахарь, ведущий близко сдвинутыми руками плуг; арфист; матрос, взбирающийся по канату) и разворот плеч был неуместен, его и не показывали. Точно так же, как и на чер-

теже, можно ограничиться одной проекцией детали, если этого достаточно. На рис.П2.5.1 показан древнеегипетский бог Осирис.

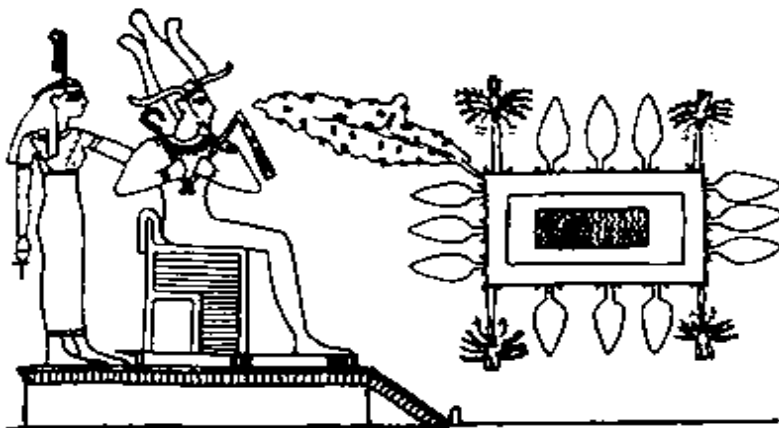


Рис.П2.5.1. Бог Осирис у пруда

Здесь хорошо видно, что пьедестал, трон и фигуры богов даны сбоку, кроме плеч, которые показаны спереди. Кроме того, на приведенном рисунке виден окруженный деревьями пруд. Пруд – это уже глубокое пространство, и, как уже говорилось, иначе, чем в плане, его изобразить нельзя. Окружающие пруд деревья вновь показаны при виде сбоку, то есть в условном повороте относительно пруда – главного объекта в правой части композиции: они перпендикулярны берегам. Здесь передан действительный факт их перпендикулярности. Направление деревьев вершинами наружу вполне естественно. Пруд и деревья переданы так удачно, что этот прием живет и сегодня в картах-схемах, издаваемых для туристов, когда сама карта дана в плане при виде сверху, а наиболее важные туристские объекты – в условном объекте при виде сбоку.

Неизбежность передачи глубокого пространства только сверху, в плане, приводит к своеобразному способу передачи расположенных в таком пространстве предметов, людей или животных. Поместив объекты изображения там, где они должны быть на плане, художник затем как бы поворачивает их, дает их облик при виде сбоку (или спереди), то есть в разрешенном правилами черчения условном повороте. Тогда на картине более удаленное оказывается показанным выше близкого. Так возникает "египетский" способ передачи тел, расположенных в глубине:

Название дисциплины

их показывают друг над другом (без уменьшения размеров удаленных объектов – следствие ортогональности проецирования).

Нередко при изображениях лежа и подобных предметов у древних художников дается совмещенное изображение вида сбоку и вида сверху. Это все тот же узаконенный и в современных правилах черчения способ передачи объективной геометрии путем использования условных поворотов плоскостей проекций.



Рис.П.2.5.2. Изображение фараона Эхнатона с женой

Метод ортогональных проекций при условии, что изображаемые фигуры людей расположены стандартным образом относительно плоскости изображения, например точно сбоку, приводил к большим трудностям. Известно изображение фараона Эхнатона, принимающего иностранное посольство, сидя рядом с женой (рис.П.2.5.2.). О существовании жены можно догадаться по изображению части ее руки, обнимающей фараона, и по ладони другой руки, сплетенной с ладонью фараона; фигура жены почти полностью заслонена изображением Эхнатона. Хотя изображение формально правильное, оно намного менее выразительно, чем другое (рис.П.2.5.2, вид б и в), в которое художник ввел бросающуюся в глаза условность – он сдвинул фигуру жены относительно фигуры мужа. Древний египтянин, зная обычаи страны, прекрасно понимал, что супруги сидят рядом. Неудивительно, что этот информационно и художественно оправданный способ изображения с использованием условного сдвига продолжал применяться длительное время. Сдвиг является узаконенным приемом в современном техническом черчении.

Разрезы имеют целью увеличение информативности изображения. Их использование в техническом черчении общепринято. В древнеегипетском искусстве разрезы используются не менее часто и имеют ту же цель – увеличение информативности. Корзи-

на, наполненная плодами, может быть показана древнеегипетским художником в разрезе, чтобы было ясно, чем она наполнена. Показывая птицеловов, которые несут свою добычу в клетках, художник изображает сами клетки в разрезе, чтобы относительно содержимого клеток ни у кого не могло возникнуть никакого сомнения. Известно даже изображение трехэтажного дома в разрезе, с показанными лестничными маршами, перекрытиями и многими другими конструктивными деталями.

Разверткой в черчении называют изображение не предмета, а его заготовки, из которой путем сгибания будет изготовлен этот предмет. На рис.П2.5.3 показан осел, на спине которого укреплены две сумки, висящие по его бокам. Древнеегипетский художник использовал принцип развертки, поскольку каждый древний египтянин прекрасно знал, каким способом транспортируются грузы на осле, он мысленно сгибал изображение сумок, и "верхний" груз оказывался висящим со стороны невидимого бока осла.

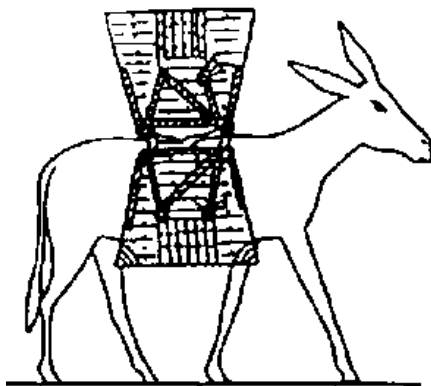


Рис.П2.5.3. Изображение груженого осла с разверткой седельных сумок

Разномасштабность широко используется в техническом черчении. Она всегда уместна, если о различных деталях некоторой машины надо дать информацию различной степени подробности. Поэтому в едином комплекте чертежи часто выполнены в разных масштабах: более важное – крупнее, малозначительное – в уменьшенном виде. Иногда разномасштабность может быть использована и в одном чертеже.

В древнеегипетской живописи разномасштабность тоже широко использовалась. Она оказалась очень удобной для того, чтобы увеличить информативность, улучшить композицию и пере-

## Название дисциплины

дать иерархические представления. Так, например, в связи с задачами изображения художник делает воинов непомерно большими по сравнению с крепостью, около которой идет сражение; птицы, сидящие на ветвях дерева, нередко настолько огромны, что непонятно, как их удерживают ветви (но зато можно увидеть каждое перышко и даже определить принадлежность птиц к тому или иному виду).

Весьма часто разномасштабность имеет иерархический смысл – фигура фараона много больше фигур других лиц на том же изображении. Иногда можно встретить несколько градаций: больше всех фигура фараона, затем (в порядке уменьшения) – фигуры вельмож и меньше всех изображения простого народа – воинов, слуг и т.п. Что касается взаимодействующих персонажей, то здесь правило иерархического неравенства фигур обычно не применялось.

Применение различных знаков – совершенно законное и широко используемое средство при изготовлении чертежей. Древнеегипетское изобразительное искусство буквально насыщено аналогичным применением знаков.

При передаче облика идущего человека, когда видны расставленные на ширину шага ступни, обе они нередко показываются со стороны большого пальца. Совершенно очевидно, что такое изображение абсурдно, ведь теперь оказывается, что у человека как бы две левые (или две правые) ноги, но если допустить, что художник передавал здесь не внешний вид, а знаки ног, оно становится понятным. Ведь со знаковой точки зрения обе ноги совершенно эквивалентны, у них одинаковые функции, и поэтому допустимо и одинаковое их изображение. Также и глаза. На лице, изображенном при виде сбоку, их показывают спереди. Это тоже, несомненно, знак глаза, причем передающий наиболее существенные его особенности наиболее выразительным способом.

Изображая пруд, древнеегипетский художник использует серию условно-геометрических "волн", чтобы стало ясно, что пруд наполнен водой. Это знак воды: точно так же передается вода реки, по так показанной воде плывут корабли, такой же волнообразной парой линий передается струя воды, текущая из сосуда. Рыбы и подводные животные в водоеме нередко изображаются на знаковом изображении воды тоже лишь как знаки обитателей подводного мира. Важным качеством знака, которое хорошо иллюстрируется приведенными примерами, является то, что знак воды всегда один и тот же, где бы ни появлялась необходимость

ее изображения, что вполне естественно для знака: чтобы быть всегда легкоузнаваемым, он должен быть одним и тем же, должен быть стандартизирован, как и любая другая чертежно-знаковая условность.

Даже передача действия, то есть чего-то совершенно нематериального, испытала на себе влияние всепроникающего стремления к максимальному использованию знаковости. Так, кисти рук человека, держащего тяжело нагруженный поднос или свиток папируса, передаются одинаково, при этом в положении, исключающем возможность удержать то или другое. Это просто знак: "предмет держат руками".

Так как египетский художественный чертеж в принципе не допускает иллюзии пространственности, художники усиливали выразительность своих произведений другими средствами. Первостепенное значение приобрели линия, силуэт, симметрия и асимметрия, ритм, орнаментальность, декоративность. То, что сегодня называют категориями композиции. Если говорить, например, о ритме в древнеегипетском искусстве, то он используется очень часто: "шагающие в шеренге" люди, "шагающие в шеренге" коровы (ритм сознательно перебивается изображением одной коровы с опущенной головой) и другие аналогичные ритмические структуры усиливают выразительность древнеегипетской живописи.

Следствием такого подхода оказалась и письменность древних египтян. Она примитивно-иероглифическая. Если иероглифические письменности современных народов (китайцы, японцы) характерны практической абстракцией смысла, которые несут их знаки, то у египтян «птица» изображалась как птица, «дом» как дом» и т.д. (рис.П2.5.4).

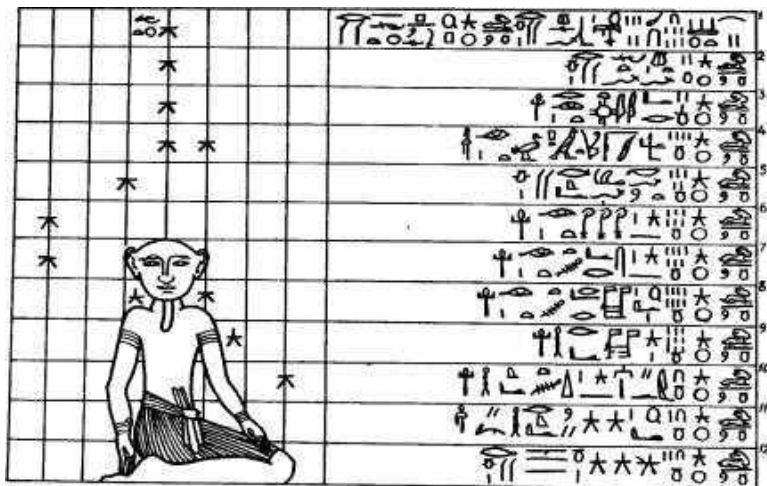


Рис.П2.5.4. Образец письменности древних египтян (описание звездной карты неба)

Чертеж и перспективное изображение – это два полярных, но одинаково разумных и правильных способа изображения. И древнеегипетское искусство надо рассматривать с позиций чертежных, а не перспективных методов изображения. Современное промышленное черчение прошло длинный путь развития, над его становлением и обоснованием работали выдающиеся математики и тысячи инженеров. Сегодня это давно устоявшаяся область знания, но основы его были заложены в Древнем Египте.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ 2

1. Что такое производственная эксплуатация и чем она отличается от технической эксплуатации?
2. Перечислите эксплуатационные свойства технологического оборудования.
3. Опишите состояния машины в процессе эксплуатации.
4. Как организуется материально-техническое снабжение предприятий зернопереработки?
5. Что такое надежность машин и какими свойствами ее характеризуют?
6. Что такое отказы оборудования и как их классифицируют?
7. Назовите причины снижения надежности и работоспособности машин и оборудования. Может ли машина быть работо-



способной, но неисправной?

8. Что понимают под безотказностью и какими показателями ее оценивают?

9. Что понимают под долговечностью и какими показателями ее оценивают?

10. Что понимают под ремонтпригодностью и какими показателями ее оценивают?

11. Что понимают под сохраняемостью и какими показателями ее оценивают?

12. Что понимается под диагностикой состояния оборудования?

13. Какие бывают методы диагностики машин?

14. Как классифицируются диагностические параметры?

15. В чем заключается метод функциональной диагностики?

16. Особенности проведения тестовой диагностики. Что такое сигнатура?

17. Как связано диагностирование с графиком проведения ТО оборудования?

18. Какие виды обслуживания и ремонта входят в систему планово-предупредительного ремонта оборудования?

19. Что представляет собой структура ремонтного цикла и категории сложности ремонта оборудования?

20. Как определяют трудоемкость ремонтно-обслуживающих работ?

21. Как определяют число рабочих-ремонтников для ремонтно-обслуживающих работ? Как определяют производственные площади ремонтного цеха?

22. Как вычисляют норму времени на выполнение технологических операций?

23. Как рассчитывают себестоимость ремонтно-обслуживающих работ?

24. Какие показатели использования оборудования вы знаете?

25. Расскажите о порядке списания машин и оборудования.

### **3. РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **3.1. Общие вопросы ремонтпригодности машин**

Ремонт – один из основных видов работ технической эксплуатации в отрасли. Предусмотрен планово-периодический ремонт и техническое обслуживание. В последнее время в связи с увеличивающейся сложностью технического обслуживания его осуществляют и специализированными службами, и целыми ремонтными предприятиями, территориально и производственно не связанными с цехом, где оно применяется. Поэтому ремонтные работы принято выделять из эксплуатации в отдельный вид работ.

Под термином «ремонт» понимают совокупность технических и организационных мероприятий по восстановлению утраченных эксплуатационных свойств, в первую очередь исправности и работоспособности. Благодаря этим мерам работоспособность оборудования и трубопроводных систем восстанавливается до уровня, обеспечивающего их надежную эксплуатацию с заданными пределами эффективности в течение межремонтного периода.

В процессе использования (эксплуатации) оборудования возможны нарушения работоспособности (отказы) и неисправности (дефекты, повреждения), допустимые и недопустимые (носящие аварийный характер) с точки зрения главного пользовательского свойства – работоспособности.

Нарушения работоспособности могут возникать по двум основным причинам:

- машина не отрегулирована для выполнения заданных операций,
- или в ней произошли изменения, которые нельзя ликвидировать с помощью регулировок.

Если машина не отрегулирована, то её работоспособность устраняют подналадкой в процессе ежедневного или периодического межремонтного обслуживания.

Ремонт оборудования производят в тех случаях, когда восстановить работоспособность путем регулирования невозможно и требуется замена или восстановление деталей.

Ремонт – единственная система планово-периодического ремонта и технического обслуживания, которая восстанавливает утраченный ресурс оборудования и устраняет накопившиеся дефекты.

### **3.1.1. Место ремонта в системе технической эксплуатации машин**

## Название дисциплины

Как ранее говорилось, система плано-периодического ремонта предусматривает следующие виды работ: дежурный и межремонтный эксплуатационный уход и надзор за оборудованием, периодические плановые осмотры и испытания, плановые текущие и капитальные ремонты. Все эти мероприятия входят в понятие технической эксплуатация. Но в отрасли они выполняются разными службами.

Дежурное техническое обслуживание, межремонтное техническое обслуживание и технические осмотры осуществляет сменный эксплуатационный и ремонтный персонал цеха без нарушения производственных процессов. Это наладчики и дежурные слесари, подчиняющиеся заместителю начальника цеха. Организационно они могут образовывать наладочный участок.

Основные задачи этого вида обслуживания: оперативный технологический контроль работы оборудования и своевременное устранение несложных дефектов, выполнение работ, связанных с содержанием в исправности технических средств охраны труда и пожаро– и взрывобезопасности.

Результаты их работы фиксируются в журнале отказов, заносятся в ведомость общих, поузловых и поддетальных дефектов. Сами наладчики не могут производить ремонт, т.к. нет у них склада запчастей, оборудования для восстановления деталей. По этим данным лишь принимается решение о сроках отправки оборудования в ремонт.

Восстановительные мероприятия проводят при ремонте. Им занимается специальная ремонтная служба со своим оборудованием, приспособлениями, площадями, складом запчастей. Она выведена из цеховой структуры и подчинена главному механику предприятия.

Налицо тенденция деления технической эксплуатации на два блока: цеховое межремонтное обслуживание и ремонт профессиональными службами. Пути ремонта и межремонтных мероприятий расходятся. Техника усложняется, и возможностей работников цеха не хватает.

Граница между межремонтными и ремонтными работами иногда размыта, и возникают споры: ремонт это или техническое обслуживание? Кому делать и оплачивать? В этих случаях руководствуются следующими признаками. Установка запчасти с остановкой и вскрытием оборудования – вот характерные признаки осуществления ремонта, а не технического (межремонтного) обслуживания. Если запчасть не устанавливали, то как бы ни сложно мероприятие, всё-таки это будет техобслуживание. Даже если

устанавливалась сменная запчасть, но оборудование не останавливалось и не разбиралось, то это тоже не ремонт, а переналадка. Вообще, в некоторых случаях на стыке ремонта и межремонтного обслуживания границы между ними трудно различимы. В этих случаях надо скрупулёзно следовать определению ремонта.

Таким образом, ремонт – это специфическая часть технической эксплуатации, имеющая автономность и по содержанию работ, и по исполнителям, и территориально.

Осуществляемые в процессе эксплуатации машин работы по поддержанию и восстановлению работоспособности характеризуются значительными затратами труда, материальных и финансовых средств. Как правило, эти затраты за время эксплуатации машины превышают расходы на ее изготовление в 4-5 раз. Кроме того, обслуживание и ремонт машин, осуществляемые в профилактическом или аварийном порядке, сопровождаются их простоем, т. е. значительными экономическими потерями.

Затраты на эксплуатацию и ремонт являются важной характеристикой качества и надежности машин.

Затраты зависят от многих причин, и даже для машин, выполняющих одни и те же функции, они различаются в 3-5 раз и более.

Все множество причин проведения ремонта можно объединить в две основные группы:

- непригодность машин к обслуживанию и ремонту при эксплуатации из-за несовершенства конструкций машин;
- несовершенство организации и технологии системы.

Техническое обслуживание и ремонт машины вызывают повышенные затраты и простой.

Следовательно, основной путь сокращения затрат на ремонт машин – обеспечение приспособленности их конструкции к работам по поддержанию и восстановлению работоспособного состояния в конкретных условиях эксплуатации, причем периодичность работ и затраты на них надо устанавливать исходя из условия обеспечения оптимального значения показателя эффективности использования машин.

Как говорят специалисты, в этом случае конструкция машины должна обладать ремонтпригодностью.

### **3.1.2. Ремонтпригодность – конструктивное свойство машины**

Ремонтопригодность машин к настоящему времени является отдельным научным направлением, которое рассматривает факторы, влияющие на проведение ремонта, устанавливает систему количественных показателей, разрабатывает системы мероприятий, направленных на обеспечение установленных требований при проектировании, изготовлении и эксплуатации машин. Ремонтопригодность имеет и свою теорию, предусматривает использование математических методов для отыскания оптимальных решений.

Требования к ремонтопригодности машин можно разделить на две группы: общие и частные.

В общие требования входят:

- условия эксплуатации и ремонта;
- состав и количественные значения показателей и дополняющие их качественные характеристики ремонтопригодности;
- требования к эксплуатационной и ремонтной документации;
- методы оценки качественных характеристик и показателей ремонтопригодности;
- принятая система технического обслуживания и ремонта;
- условия выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту;
- квалификация и численность эксплуатационного и ремонтного персонала;
- применяемая система материально-технического обеспечения эксплуатации и ремонта.

Применительно к конкретному типу машины техническое задание может содержать показатели и характеристики совершенства ее конструктивного исполнения и рекомендации по обеспечению ремонтопригодности, и в их числе:

- общие требования к конструкции и компоновке изделия, направленные на сокращение времени, труда и средств при техническом обслуживании и ремонте;
- требования и показатели, характеризующие преимущественно приспособленность конструкции к техническому обслуживанию и ремонту (доступность, легкосъемность, контролепригодность и др.);
- требования к ремонтной технологичности деталей и сборочных единиц;
- требования и показатели, характеризующие техническую оснащенность работ средствами контроля технического состояния.

## Название дисциплины

В состав требований к ремонтпригодности конструкции машины целесообразно включать методы их обеспечения на различных этапах проектирования, изготовления, испытаниях и эксплуатации.

Можно указать следующие требования к технологичности в обслуживании и ремонте:

Требования к стандартизации и унификации:

1) при разработке конструкции новых машин должны быть широко использованы стандартизованные и унифицированные составные части, выпускаемые промышленностью, высокое качество которых должно быть подтверждено опытом эксплуатации. Их применение не должно приводить к снижению других технико-экономических характеристик машин;

2) при техническом обслуживании и ремонте конструкция машины должна обеспечивать минимальное использование специального инструмента и приспособлений, а также дефицитных материалов;

3) конструирование машин одного вида должно идти по линии создания параметрических и типоразмерных рядов унифицированных сборочных единиц с максимальным использованием их в компоновке машин, с тем чтобы номенклатура запасных частей была минимальной. Должно быть также ограничено количество типоразмеров подшипников качения, пресс-масленок, пробок и заглушек, резинотехнических изделий;

4) конструкция машины должна предусматривать использование ограниченного количества типов смазочных материалов, высокое качество которых должно быть подтверждено опытом эксплуатации. При создании новых конструкций машин должны учитываться принятые в отрасли системы технического обслуживания и ремонта, типизация технологических процессов, возможность применения наилучших образцов серийно изготавливаемых средств механизации, предназначенных для проведения технического обслуживания и ремонта.

Требования к контролепригодности машин. Сборочные единицы машин, для контроля технического состояния которых требуется большой объем разборочных работ, должны быть приспособлены к диагностированию при помощи способов и средств косвенного контроля. Особенно легкодоступными для контроля технического состояния должны быть сборочные единицы и детали, ресурс которых меньше межремонтного ресурса машины.

Требования к принципам рационального расчленения и расположения сборочной единицы машины. Конструкция машины

## Название дисциплины

должна обеспечивать удобство и легкость независимого расчленения ее на сборочные единицы, что очень важно при агрегатном способе ремонта. В местах соединений сборочных единиц должны быть установлены быстроразъемные соединения для электроцепей, маслопроводов, топливопроводов и т. п. Расположение сборочных единиц машины должно обеспечивать возможность независимого выполнения операций технического обслуживания.

Соединения в сборочных единицах, подлежащих разборке и сборке, должны выполняться таким образом, чтобы исключалась возможность их неправильного монтажа при ремонте: рекомендуется использование маркировки, окраски в различный цвет однотипных деталей, предназначенных для выполнения различных функций, нанесение рисок и др.

Детали, имеющие ответственные сопряжения, обработанные при изготовлении совместно или приработанные в процессе использования, должны иметь метки спаренности, предотвращающие их обезличивание при ремонте. При конструировании машин должна учитываться необходимость проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту в установленные сроки и с заданной трудоемкостью.

У деталей и сборочных единиц, имеющих большой вес, должны быть предусмотрены элементы их захвата (рым-болты, уши, приливы и т. д.) подъемно-транспортными устройствами.

Не допускается конструировать такие сопряжения, у которых при демонтаже подшипников качения усилие прессования, превышающее допустимое, передавалось бы через шарики или ролики.

Требования к взаимозаменяемости однотипных деталей и сборочных единиц. Детали и сборочные единицы, выполняющие одинаковые функции и несущие близкие по величине нагрузки, должны быть взаимозаменяемыми по геометрическим размерам, характеристикам посадок, рабочим параметрам в пределах технических возможностей и экономической целесообразности.

Требования к приспособленности составных частей машины для выполнения регулировочно-доводочных работ. Конструкция машины должна быть приспособлена к выполнению доводочно-регулирующих работ в процессе технического обслуживания и ремонта с допустимыми затратами времени и труда. В конструкции должны быть обеспечены необходимое количество регулируемых элементов в составных частях машины; необходимые пределы изменения значений параметров; возможность регулировки параметров размерных цепей составных частей путем регулиров-

ки параметров отдельных звеньев.

Требования к конструкции изнашивающихся деталей. Такие детали машины, ремонт которых экономически целесообразен, должны быть приспособлены к восстановлению до первоначальных или ремонтных размеров с применением прогрессивных восстановительных технологических процессов. Для восстановления режущей способности рабочих органов должен быть предусмотрен доступ к ним заточных устройств или обеспечена легкосъемность режущих элементов.

Базовые конструктивные элементы (рамы, корпуса и т. п.) не должны иметь изнашивающихся участков, срок службы которых меньше полного срока службы машины.

Ресурс изнашивающихся деталей, как правило, должен быть равен заданному межремонтному периоду сборочной единицы машины или большему и кратному ему. Ресурс быстроизнашивающихся легкоъемных деталей (ремней, ножей режущих аппаратов, элементов фильтров и т. п.) может быть меньше межремонтного периода сборочной единицы (за исключением деталей, влияющих на условия труда и технику безопасности).

Требования по приспособленности к транспортированию и хранению. В технической документации по эксплуатации машин должны быть приведены правила их транспортирования и установки на хранение, указаны агрегаты и сборочные единицы, которые нельзя транспортировать и хранить в произвольном положении, а также указано, в каких местах машины допускается устанавливать подставки, подкладки и домкраты. В конструкциях частей машины, подвергающихся коррозионным воздействиям, не должно быть мест скопления влаги, пыли, рабочих отходов и т. д. В необходимых случаях в местах возможного скопления влаги должны быть предусмотрены сливные отверстия.

### 3.1.3. Показатели ремонтпригодности

Проектирование и производство являются важнейшими этапами обеспечения заданных свойств машин, в том числе приспособления их конструкции к выполнению профилактических и восстановительных работ в процессе использования, т. е. ремонтпригодности. При разработке конструкции машин и их изготовлении решаются три группы задач обеспечения ремонтпригодности:

- устанавливаются требования к оценке машин по этим критериям;



## Название дисциплины

– осуществляется обеспечение требований и прогнозирование характеристик ремонтпригодности;

– производится оценка достигнутого уровня характеристик ремонтпригодности.

Требования к ремонтпригодности определяются в техническом задании на проектируемую машину. Включение в техническое задание на проектирование и изготовление требований к ремонтпригодности объясняется:

– необходимостью снижения объема и трудоемкости технического обслуживания и ремонта машин;

– необходимостью упрощения контроля параметров, характеризующих техническое состояние и работоспособность машин;

– необходимостью упрощения процесса обнаружения и устранения отказов.

Показатели ремонтпригодности должны входить в состав основных технико-экономических показателей изделия и подлежат обязательной оценке на всех этапах проектирования, изготовления и испытания машин.

Решать вопросы ремонтпригодности машин вне связи с требованиями к их безотказности, долговечности и эффективности нецелесообразно, так как эти требования к машинам в значительной мере определяют выбор и включение в техническое задание состава показателей ремонтпригодности, а также содержание системы технического обслуживания и ремонтов.

При проектировании нового изделия должны учитываться условия его эксплуатации и ремонта, включая вопросы технологичности создаваемой конструкции в обслуживании и ремонте.

Понятия ремонтпригодности утверждаются стандартами. В соответствии с ними ремонтпригодность – это свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Наряду с таким определением в стандарте указывается, что ремонтпригодность изделий является одним из свойств надежности наряду со свойствами безотказности, сохраняемости и долговечности.

Различия в характере работ, выполняемых при технической и производственной эксплуатации машин, а также отсутствие четкой границы между ними, явились причиной применения в практике проектирования и эксплуатации машин наряду с термином «ремонтпригодность» таких понятий, как «эксплуатационная технологичность», «технологичность при техническом обслуживании», «технологичность при выполнении штатных работ»,

Название дисциплины

«технологичность при ремонте». Соотношения между этими понятиями можно видеть на рис.3.1.1.

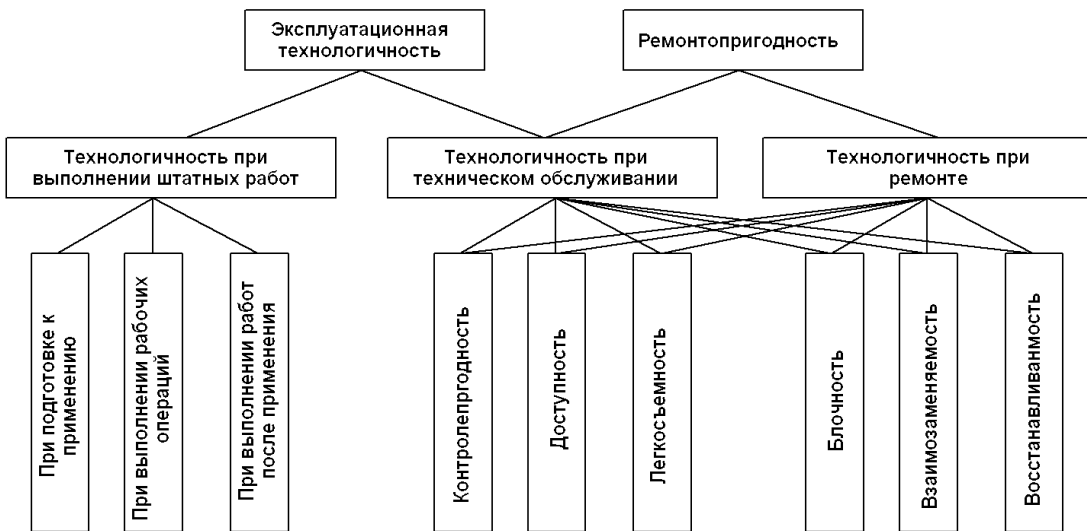


Рис. 3.1.1. Структура эксплуатационно-ремонтных свойств машин

Указанные понятия включают в себя такие требования, как блочность, контролепригодность, доступность, легкосъемность, взаимозаменяемость, восстанавливаемость.

Под эксплуатационной технологичностью понимают такое свойство конструкции машин, которое характеризует их приспособленность к работам, выполняемым при подготовке машин к использованию в процессе эксплуатации и по окончании использования. Понятие «эксплуатационная технологичность», как это видно из рис.3.1.1, включает понятия «технологичность при техническом обслуживании» и «технологичность при выполнении штатных работ (при использовании)».

Из определения терминов «эксплуатационная технологичность» и «ремонтопригодность» следует, что оба эти понятия включают одно и то же общее для них свойство – технологичность при техническом обслуживании.

Под технологичностью при выполнении штатных работ понимают свойства машины, обеспечивающие приспособленность ее конструкции:

– к выполнению работ по подготовке машины к применению (регулировка, установка рабочих органов, подключение

Название дисциплины

электропитания, заправка маслом и топливом и т. п.);

- к выполнению операций и работ в процессе применения (управление рабочими органами, переключение механизмов, наблюдение за показаниями приборов);

- к работам, выполняемым после окончания использования машины (снятие рабочих органов, отключение от источников энергоснабжения) перевод в положение для хранения и т.п.).

Под технологичностью при ремонте понимают свойство конструкции машин и их конструктивных элементов (деталей, сборочных единиц и т. п.), характеризующихся их приспособленностью к ремонтным работам.

Из этого определения следует, что объектами оценки технологичности при ремонте могут быть как машины в целом (капитальные ремонты, устранение неисправностей и отказов), так и отдельные их части (детали, сборочные единицы, механизмы и т. п.). При этом отметим, что понятия «эксплуатационная технологичность» и «технологичность при техническом обслуживании» относятся, как правило, к машине в целом.

Понятие «технологичность при ремонте» прежде всего характеризует приспособленность объектов эксплуатации и ремонта к работам, которые осуществляются на ремонтных предприятиях, в ремонтных цехах предприятий и ремонтных участках предприятий основного производства. Некоторая часть ремонтных работ выполняется при техническом обслуживании. И при ремонтах выполняются работы, относящиеся к техническому обслуживанию. Это должно учитываться при разработке конструкции машины.

Как следует из рассмотрения понятий «ремонтпригодность», «технологичность при техническом обслуживании» и «технологичность в ремонте», имеется тесная связь системы технического обслуживания с системой ремонта. Совокупность различных видов технического обслуживания и ремонта должна рассматриваться как единое целое и составлять систему технического обслуживания и ремонта.

Чтобы уметь управлять свойством ремонтпригодности, необходимо располагать набором показателей. Практика накопила несколько групп показателей, которые можно классифицировать в зависимости от характера решаемых задач и предъявляемых к ним требований:

- в зависимости от их важности: основные (нормируемые) и дополнительные (ненормируемые);

- в зависимости от вида оцениваемого свойства: собственно ремонтпригодность; технологичность при обслуживании; техно-

логичность при ремонте;

– в зависимости от оцениваемой стороны ремонтпригодности: оперативные и экономические;

– в зависимости от вида: единичные и комплексные.

Показатели собственно ремонтпригодности характеризуют комплексную приспособленность конструкции машины к профилактическим и восстановительным работам.

Оперативные показатели характеризуют время пребывания машины в неработоспособном состоянии в связи с проведением технического обслуживания и ремонтов за рассматриваемый период эксплуатации.

Единичные показатели характеризуют какое-либо одно свойство или сторону ремонтпригодности.

Комплексные показатели характеризуют всю совокупность свойств машины, определяющих ремонтпригодность.

Основные показатели ремонтпригодности должны задаваться в техническом задании на проектирование и оцениваться при разработке конструкции и изготовлении машин, в процессе их испытаний и эксплуатации.

К показателям собственно ремонтпригодности относятся оперативные показатели:

– среднее время восстановления  $T_B$ ;

– вероятность восстановления в заданное время;

– интенсивность восстановления (единичные показатели);

– экономические показатели: средние и удельные затраты труда и денежных средств на техническое обслуживание и ремонт;

– комплексные показатели надежности: коэффициент готовности и коэффициент технического использования.

Под средним временем восстановления  $T_B$  понимают математическое ожидание времени восстановления работоспособности.

При оценке среднего времени восстановления по статистическим данным, полученным в результате испытаний или эксплуатации, оценка показателя находится по формуле

$$T_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{bi}$$

где  $t_{bi}$  – время устранения  $i$ -го отказа;  $m$  – количество отказов, наблюдаемых в процессе испытаний или эксплуатации.

Вследствие своей наглядности, а также в связи с тем, что среднее время восстановления входит в состав комплексных по-

казателей надежности, этот показатель получил широкое распространение.

Недостаток его заключается в том, что значение  $T_b$  зависит от вида закона распределения времени восстановления.

Значительно большей информативностью о свойстве конструкции обладает другой показатель ремонтпригодности – вероятность восстановления машины в заданное время  $P_B(t)$ .

$$P_B(t) = B_{EP} \{t_B \leq t\},$$

где  $t$  – заданное время восстановления.

Этот показатель характеризует вероятность того, что возникший отказ будет обнаружен и устранен за время, не превышающее заданное время  $t$ . Вычисляется по формуле

$$P_a(t) = \int_0^t f_B(t) dt$$

Экспериментальная оценка вероятности восстановления определяется по формуле

$$P_B(t) = 1 - (n_b(t + \Delta t)) / (N_B(t + \Delta t)),$$

где  $n_b(t + \Delta t)$  – число устройств, не восстановленных за промежуток времени от  $t$  до  $(t + \Delta t)$ ;  $N_B(t + \Delta t)$  – общее число устройств, подлежащих восстановлению за этот же интервал времени.

Определение вероятности восстановления  $P_B(t)$  требует знания закона распределения времени восстановления. В качестве математической модели закона распределения используются те же законы распределения, что и при расчете на надежность.

Часто в качестве показателя ремонтпригодности используется интенсивность восстановления  $\mu(t)$ , которая характеризует вероятность восстановления работоспособности изделия в единицу времени при условии, что до этого момента времени восстановление не произошло.

При известных законах распределения времени восстановления значение  $\mu(t)$  определяется по формуле

$$\mu(t) = f_B(t) / [1 - F_B(t)],$$

где  $F_B(t)$  – функция распределения времени восстановления.

По экспериментальным данным оценка интенсивности восстановления определяется по формуле

$$\mu(t) = [m_b(t + \Delta t)] / [n_b(t) \Delta t],$$

где  $\Delta t$  – рассматриваемый промежуток времени;  $m_b(t + \Delta t)$  – число восстановлений в интервале от  $t$  до  $(t + \Delta t)$ ;  $n_b(t)$  – число невосстановленных устройств на момент времени  $t$ .

Название дисциплины

Для оценки оперативной стороны ремонтпригодности используются также комплексные показатели  $K_r$  и  $K_{тн}$  (коэффициент готовности и коэффициент технического использования).

К числу экономических показателей ремонтпригодности, являющихся комплексными, относятся:

- средние затраты денежных средств на техническое обслуживание и ремонт  $C_{то}$ ;

- средние затраты труда на техническое обслуживание и ремонт  $T_{то}$ ;

- суммарные затраты средств на техническое обслуживание и ремонт  $C_{сум}$ ;

- суммарные затраты труда на техническое обслуживание и ремонт  $T_{то}, C_{сум}$ ;

- удельные затраты средств на техническое обслуживание и ремонт  $C_{уд.сум}$ .

Средние затраты денежных средств и труда на техническое обслуживание и ремонт определяются по зависимостям, аналогичным для среднего времени восстановления.

Показатели технологичности машин при обслуживании:

- оперативные показатели: среднее время проведения  $i$ -го вида технического обслуживания и вероятность проведения технического обслуживания  $i$ -го вида в заданное время;

- экономические показатели: средняя, суммарная и удельная трудоемкость технического обслуживания и средняя, суммарная и удельная стоимость технического обслуживания.

Среднее время проведения  $i$ -го вида технического обслуживания определяется по формуле

$$t_{\text{ср},i} = \int_0^{\infty} [t_{\text{ср},i}, i] = \int_0^{\infty} t_{\text{ср},i} \cdot f_{\text{ср},i}(t) dt$$

где  $t_{\text{ср},i}$  – случайное время технического обслуживания  $i$ -го вида;

$f_{\text{ср},i}(t)$ , – плотность вероятности времени технического обслуживания.

По аналогичным формулам определяются средняя трудоемкость  $T_{то,i}$  и средняя стоимость  $C_{то,i}$  технического обслуживания  $i$ -го вида. Статистические их оценки определяются (на примере трудоемкости) по формуле вида:

$$T_{т.то,i} = n_i \cdot \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} T_{т.то,j}$$

Суммарная трудоемкость технического обслуживания всех видов за период эксплуатации  $t_{\Sigma}$  для группы из  $n_{то,i}$  одинако-

вого оборудования

$$T_{T,TO,CYM} = \sum_{i=1}^k n_{TO,i} \cdot T_{T,TO,I}$$

где  $k$  – количество циклов обслуживания и ремонта.

Удельная трудоемкость технического обслуживания

$$T_{T,TO,UD} = T_{T,TO,CYM} / S,$$

где  $S$  – срок эксплуатации в годах.

По аналогичным зависимостям определяются значения затрат денежных средств.

Показатели технологичности машин при ремонте. Эти показатели относятся как к машине в целом, так и к ее составным частям.

Показателями технологичности при ремонте являются:

– оперативные показатели:

– среднее время ремонта  $i$ -го вида  $T_{рем,i}$ ;

– вероятность проведения ремонта  $i$ -го вида в заданное время  $P_{рем,i}(t)$ ;

– экономические показатели:

– средняя трудоемкость ремонта  $i$ -го вида  $T_{т,рем,i}$ ;

– средняя стоимость ремонта  $i$ -го вида  $C_{рем,i}$ ;

– суммарная трудоемкость  $T_{т,рем,сум}$  и суммарная стоимость ремонта  $C_{рем,сум}$ ;

– удельная трудоемкость  $T_{т,рем,сум}$  и удельная стоимость  $C_{рем,сум}$  ремонта.

Для определения оценок этих показателей используются зависимости, аналогичные принятым для показателей технического обслуживания.

Дополнительные показатели ремонтпригодности. Они позволяют более полно охарактеризовать как экономическую, так и оперативную стороны ремонтпригодности, а также использовать их как управляемые переменные при обеспечении свойства ремонтпригодности.

Применение дополнительных показателей позволяет проводить построение математических моделей для управления свойствами ремонтпригодности и технико-экономический анализ конструкции.

Коэффициент применяемости готовых конструктивных элементов  $K_{пр}$  представляет собой отношение количества наименований типоразмеров стандартизованных  $N_c$ , нормализованных  $N_n$ , покупных  $N_p$  и заимствованных  $N_z$  сборочных единиц и деталей к общему количеству  $N_{об}$  наименований типоразмеров сборочных единиц и деталей, применяемых в изделии.

## Название дисциплины

$$K_{\text{пр}} = (N_c + N_H + N_n + N_3) / N_{\text{об}};$$

$$N_{\text{об}} = N_c + N_H + N_n + N_3 + N_o,$$

где  $N_o$  – количество наименований типоразмеров оригинальных деталей, входящих в изделие.

При оценке коэффициентов применимости, унификации и конструктивной преемственности из расчетов исключаются стандартизованные крепежные детали (болты, винты, муфты, шпильки, шпонки и т.д.). При этом к заимствованным сборочным единицам относятся детали и сборочные единицы, ранее спроектированные как оригинальные и применяемые в двух и более изделиях (внешнее заимствование), а также в двух или более группах одного изделия (внутреннее заимствование).

Коэффициент применимости вместе с коэффициентами унификации и конструктивной преемственности являются важнейшими показателями уровня стандартизации.

Коэффициент унификации  $K_y$  показывает, какая часть из использованных в изделии деталей является унифицированной, и определяется как отношение количества унифицированных деталей и сборочных единиц  $N_y$  рассматриваемой конструкции к общему количеству деталей и сборочных единиц ( $N_{\text{об}}$ ) в машине:

$$K_y = \frac{N_y}{N_{\text{об}}},$$

где  $K_y$  – количество наименований типоразмеров унифицированных деталей.

Коэффициент доступности

$$K_d = \frac{T_{\text{ос}}}{T_{\text{ос}} + T_{\text{вс}}},$$

где  $T_{\text{ос}}$  – основная трудоемкость (ч) выполнения операций технического обслуживания (ремонта);  $T_{\text{вс}}$  – время вспомогательной трудоемкости, связанное с выполнением работ (например, снятие щитков, трубопроводов и других сборочных единиц, мешающих демонтажу заменяемой сборочной единицы, их монтаж после замены, смена инструмента, приспособлений для работы и др.).

Коэффициент взаимозаменяемости

$$\hat{E}_{\text{аз}} = \frac{\dot{O}_{\text{ii}}}{\dot{O}_{\text{ii}} + \sum \dot{O}_{\text{iон}}},$$

где  $T_{\text{оп}}$  – оперативная трудоемкость замены сборочной единицы или детали без учета трудоемкости  $\Sigma T_{\text{прс}}$  пригоночных, регулировочных и селективных работ,



$$T_{оп} = T_{ос} + T_{вс}.$$

Коэффициент конструктивной преемственности

$$K_{к.пр} = \frac{N_p}{N_{об}},$$

где  $N_p$  – количество наименований ранее освоенных сборочных единиц и деталей.

Заимствованные и нормализованные сборочные единицы комплексного изделия подсчитываются по количеству входящих в них деталей, покупные сборочные единицы (комплектующие изделия и элементы) – по собранным единицам в целом.

Коэффициент применяемости  $K_{пр}$  и коэффициенты унификации  $K_u$  и конструктивной преемственности  $K_{к.пр}$  являются важнейшими показателями уровня стандартизации.

Обычно типовой является ситуация, когда использование машин должно сопровождаться минимальными затратами денежных средств на эксплуатацию и ремонт при заданных значениях показателей работоспособности или эффективности. Тогда в качестве дополнительных нормируемых показателей ремонтпригодности должны использоваться экономические показатели, характеризующие затраты средств на техническое обслуживание и ремонт.

Это следующие показатели:

$C_1$  – затраты средств на всю совокупность работ, предусмотренных системой обслуживания и ремонта;

$C_2$  – суммарные затраты средств на поддержание и восстановление работоспособности и ресурса машины за рассматриваемый период ее эксплуатации;

$C_u$  – удельные затраты средств на поддержание и восстановление ресурса машины за рассматриваемый период ее эксплуатации;

$С_{оi}$  – суммарные затраты на техническое обслуживание машины за рассматриваемый период эксплуатации;

$С_{оj}$  – удельные затраты средств на техническое обслуживание машины за рассматриваемый период эксплуатации;

$С_{рс}$  – суммарные затраты средств на ремонт машины за рассматриваемый период ее эксплуатации;

$С_{ру}$  – удельные затраты средств на ремонт машины за рассматриваемый период ее эксплуатации.

В качестве экономических показателей ремонтпригодности в некоторых случаях могут быть использованы показатели, характеризующие затраты труда.

### 3.1.4. Нормативно-техническая документация для проведения ремонта

Степень сложности ремонта оборудования, его ремонтные особенности оцениваются в категориях сложности ремонта.

Категория сложности ремонта обозначается буквой  $R$ , а ее значение, присвоенное данной машине (агрегату) – коэффициентом перед этой буквой. Например, 1 означает агрегат первой сложности ремонта, 10 – десятой сложности ремонта.

Ремонтные особенности оборудования в целом по предприятию могут быть оценены по средней категории сложности ремонта. Таким образом, этот показатель является качественным критерием ремонтных особенностей оборудования.

Числовой коэффициент ремонтной сложности для технологического оборудования определяется как отношение времени в человеко-часах (трудоемкости), затраченного на капитальный ремонт машины, к условной ремонтной единице по формуле

$$R = \frac{t_{kr}}{r},$$

где  $R$  – категория сложности ремонта машины;  $t_{kr}$  – время на капитальный ремонт машины в человеко-часах;  $r$  – условная ремонтная единица.

Понятие «условная ремонтная единица» (в дальнейшем «ремонтная единица») введено наряду с категорией сложности для планирования и учета ремонтных работ, а также для различных расчетов.

Одна ремонтная единица для всех видов технологического оборудования зерноперерабатывающих предприятий характеризуются трудоемкостью капитального ремонта в 35 человеко-часов.

Количество или сумма ремонтных единиц для каждой машины: (агрегата) записывается в виде коэффициента перед буквой  $r$ . Так, например, 5 ремонтных единиц записываются 5  $r$ .

Суммой ремонтных единиц пользуются при определении потребного количества рабочих, необходимых для межремонтного обслуживания и выполнения работ по плановым ремонтам, при определений потребного количества материалов и планирования затрат на ремонт.

Сумма  $r$  для машины (агрегата) определяется по формуле

## Название дисциплины

$$\sum r = \frac{T_k}{35},$$

где  $T_k$  – трудоемкость капитального ремонта механической части оборудования; 35 – числовое значение ремонтной единицы для механической части в человеко-часах.

При сравнении формул видно, что в абсолютном выражении значения  $\sum r$  и  $\sum R$  совпадают. Поэтому в целях упрощения расчетов при определении  $\sum r$  условно можно пользоваться значением категории сложности  $R$ .

Под трудоемкостью ремонтных операций понимаются затраты труда на ремонт машины (агрегата), выраженные в человеко-часах.

Трудоемкость зависит от вида и сложности ремонта, конструктивных и технологических особенностей и размеров машины (агрегата).

Трудоемкость среднего ремонта оборудования ( $T_c$ ), текущего ( $T_r$ ), осмотра ( $T_o$ ) по отношению к трудоемкости капитального ремонта ( $T_k$ ) выражается следующим выражением (табл. 3.1.1):

$$T_k: T_c: T_r: T_o = 1,0: 0,6: 0,2: 0,03.$$

Таблица 3.1.1

Трудоемкость ремонта одной единицы оборудования

Виды ремонтных работ	Ремонтные операции			
	слесарные	станочные	прочие	всего
Осмотр	0,72	-	0,28	1,0
Текущий ремонт	5,0	1,4	0,6	7,0
Средней ремонт	15,2	4,2	1,6	21,0
Капитальный ремонт	25,4	7,0	2,6	35,0
Удельный вес ремонтных операций к суммарной трудоемкости	72	20	8	100

Примечание. На тех предприятиях, где трудоемкость ремонтных работ ниже рекомендуемых, в основу должны быть заложены уже достигнутые величины.

Трудоемкость ( $T$ ) ремонта машины (агрегата) рассчитывается по формуле

$$T = K \times R,$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий вид ремонта оборудования в человеко-часах (табл.3.1.2);  $R$  – категория сложности ремонта оборудования.

Таблица 3.1.2

 Числовые значения  $K$  при различных видах ремонта

## Название дисциплины

Виды ремонта			
капитальный	средний	текущий	осмотр
35,0	21,0	7,0	1,0

Продолжительность простоя оборудования в ремонте зависит от вида ремонта, категории сложности, состава и квалификации ремонтной бригады, технологии ремонта и организационно-технических условий, при которых производится ремонт.

Отдел главного механика в целях сокращения простоя оборудования в ремонте должен своевременно провести следующие организационно-технические мероприятия:

- тщательно подобрать бригаду ремонтников и подсобных рабочих, подготовить рабочие места, оснастить их необходимым инструментом, приспособлениями, подъемно-транспортными механизмами и технологическими картами ремонта;

- обеспечить ремонтные работы необходимой документацией, чертежами и техническими условиями на ремонт и изготовление отдельных узлов и деталей;

- обеспечить подбор запасных частей, узлов и материалов;
- подобрать необходимые средства механизации, а в случае необходимости – разработать и изготовить специальные приспособления для механизации сборочных работ.

Кроме того должен широко использоваться поузловой метод ремонта.

Ремонт технологического оборудования целесообразно осуществлять одной бригадой, в необходимых случаях при ремонте лимитирующего оборудования возможна двухсменная работа.

Простой в ремонте исчисляется с момента остановки машины на ремонт до приемки ее по акту.

Период эксплуатационных испытаний машины после ремонта в простой не засчитывается, если машина работала нормально.

Определение потребностей численности рабочих межремонтного обслуживания и рабочих ремонтников производится отдельно по каждому цеху или в целом по предприятию в зависимости от структуры предприятия по формуле

$$Ч_{\text{ср.год}} = \frac{\sum r}{N} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{п}}$$

где  $Ч_{\text{ср.год}}$  – списочная численность рабочих;  $\sum r$  – сумма ремонтных единиц оборудования (числовое значение условно определяется по категории сложности);  $N$  – норма межремонтного обслуживания на одного рабочего;  $K_{\text{см}}$  – среднегодовой коэффициент сменности работы оборудования;  $K_{\text{п}}$  – переходной коэф-

коэффициент от явочной численности рабочих к списочной.

$K_{см}$  определяется по формуле

$$K_{см} = \frac{\tilde{N}_1 r_1 + \tilde{N}_2 r_2 + \dots + \tilde{N}_n r_n}{\tilde{A}_c}$$

где  $C_{1+n}$  – число смен по плану на год для данного вида оборудования;  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – количество ремонтных единиц оборудования в цехе;  $D$  – планируемое число календарных рабочих дней в году для данного оборудования или цеха (участка);  $D_c$  – число дней в году.

Коэффициент  $K_n$  определяется путем деления планируемого календарного фонда рабочего времени на годовой эффективный фонд рабочего времени, исчисляемый с учетом невыходов в соответствии с действующим трудовым законодательством.

Определяются переходные коэффициенты по формуле

$$K_n = \frac{P_c \cdot D}{P_o - (D_i - A)}$$

где  $P_c$  – установленная продолжительность рабочей смены для данного производства в часах;  $D$  – планируемое число календарных дней в году данного оборудования или цеха (участка);  $D_i$  – продолжительность рабочего дня для данной профессии рабочих в часах;  $A$  – количество нерабочих дней в году, приходящихся в среднем на одного рабочего.

Количество нерабочих дней в году определяется по формуле

$$A = O + B + V + G,$$

где  $O$  – число дней очередного отпуска с учетом дополнительного дня рабочих данной профессии;  $B$  – среднее число дней болезни (по отчетным данным за истекший год с учетом мероприятий по оздоровлению условий труда);  $V$  – число выходных и праздничных дней в году;  $G$  – среднее число дней выполнения государственных и общественных обязанностей (по отчетным данным за истекший год).

При проведении ремонтов подрядными организациями рабочие для этих работ в штате предприятия на предусматриваются.

Численность ремонтных рабочих рассчитывается на основе структуры ремонтного цикла и трудоемкости ремонтных работ по формуле

## Название дисциплины

$$\times \frac{\dot{O}_{k1} \cdot K_{k1} + \dot{O}_{k2} \cdot K_{k2} + \dots + \dot{O}_{kn} \cdot K_{kn} + \dot{O}_{c1} \cdot K_{c1} + \dot{O}_{c2} \cdot K_{c2} + \dots + \dot{O}_{cn} \cdot K_{cn} + \dot{O}_{T1} \cdot K_{T1} + \dot{O}_{T2} \cdot K_{T2} + \dots + \dot{O}_{Tn} \cdot K_{Tn} + \dot{O}_{o1} \cdot K_{o1} + \dot{O}_{o2} \cdot K_{o2} + \dots + \dot{O}_{on} \cdot K_{on}}{\dots}$$

где  $T_{k1+n}$ ;  $T_{T1+n}$ ;  $T_{o1+n}$  – соответственно трудоемкость капитального, среднего и текущего ремонта и осмотров машин (агрегатов), установленных в цехе, на предприятии;  $K_{k1+n}$ ;  $K_{T1+n}$ ;  $K_{o1+n}$  – соответственно количество капитальных, средних и текущих ремонтов и осмотров по данным машинам (агрегатам);  $K_n$  – переходной коэффициент от явочной численности рабочих к спичной.

Качественный состав ремонтных рабочих определяют исходя из принятого соотношения трудоемкости ремонтных операций (слесарных, станочных, прочих) к суммарной трудоемкости на одну ремонтную единицу (см. табл. 3.1.1).

Численность рабочих межремонтного обслуживания и ремонтных рабочих предприятия складывается из численности, рассчитанной для каждого цеха в отдельности.

Расчет численности ремонтных бригад производится по формуле

$$Ч_{рем.бриг.} = \frac{T_i}{H_{вр} \cdot P_c}$$

где  $T_i$  – трудоемкость в чел/ч (при капитальном ремонте –  $T_k$ , при среднем ремонте –  $T_c$ , при текущем ремонте –  $T_T$ , при осмотре –  $T_o$ );  $H_{вр}$  – норма времени на ремонт в рабочих сменах;  $P_c$  – установленная продолжительность рабочей смены в часах.

Состав бригады определяется исходя из принятого соотношения норм трудоемкости на слесарные, станочные и прочие операция (см. табл. 3.1.1).

Потребность в запасных частях должна обеспечить осуществление всех видов ремонта и эксплуатации оборудования. Однако запас не должен превышать определенную норму, детали не должны храниться длительное время без движения во избежание «замораживания» оборотных средств предприятия.

Отделы главного механика устанавливают экономически целесообразные нормы запаса деталей по предприятию на основе типовых норм расхода запасных частей на изделие. При определении норм запаса на крупные трудоемкие детали необходимо

## Название дисциплины

учитывать фактический цикл производства для каждой детали (включая период оформления заказа и включения его в план), время на приобретение этих деталей.

Норма запаса может быть подсчитана по формуле

$$H_{\text{зан}}^{\text{дет}} = \frac{O_{\text{дет}} \cdot O_{\text{м}} \cdot M}{C_{\text{с.д.}}} \cdot K_n$$

где  $O_{\text{дет}}$  – количество одинаковых деталей в машине (агрегате);  $O_{\text{м}}$  – количество одинаковых машин (агрегатов);  $M$  – количество месяцев в рассматриваемом периоде (принимается от 3 до 6);  $C_{\text{с.д.}}$  – срок службы деталей в месяцах;  $K_n$  – коэффициент понижения.

Срок службы запасных частей определяется на основе данных о фактическом расходе этих деталей и периодичности их расхода путем деления количества дней хранения деталей на складе на количество израсходованных деталей за этот период.

Детали, заменяемые из-за аварии, в расчет не принимаются.

Коэффициент понижения выбирается в зависимости от количества однотипных деталей на группу машин (табл. 3.1.3).

Таблица 3.1.3

Значения коэффициента понижения

Число однотипных деталей на группы машин (агрегатов)	Коэффициент понижения, учитывающий однотипность деталей
До 5	1,0
6-15	0,95
16-30	0,9
31-40	0,85
41-75	0,8
76-90	0,75
91-110	0,7
111-150	0,6
151-200	0,5
Свыше 200	0,4

Для определения потребности в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды необходимо использовать справочную литературу.

Для тех видов оборудования, которые отсутствуют в справочной литературе, рекомендуется определить расчетным путем

дифференцированный расход материалов по видам ремонта.

Дифференцированный расход материалов устанавливают для каждого вида оборудования на основе опытных данных, полученных на предприятиях.

Суммарный расход материалов по объектам ремонта определяют на основании объективных дифференцированных расчетов ( $H_k, H_c, H_T$ ) и периодов между отдельными видами ремонта ( $T_k, T_c, T_T$ ) по формуле

$$H_{рем} = H_k \cdot K_k + H_c \cdot K_c + H_T \cdot K_T,$$

где  $K_k, K_c, K_T$  – количество отдельных видов ремонта, приходящихся на один год, кг/год (капитальный, средний, текущий).

Суммарный расход материалов на межремонтное (эксплуатационное) обслуживание определяют на основании правил технической эксплуатации оборудования и опытных данных о фактических затратах за последние 2-3 года.

Годовая потребность в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды для технологического оборудования складывается из суммарной потребности материалов, установленной для отдельных видов машин (агрегатов).

Годовую суммарную потребность в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды для отдельных машин (агрегатов) определяют путем сложения суммарной потребности на ремонт ( $H_{рем}$ ) и суммарной потребности на межремонтное (эксплуатационное) обслуживание ( $H_{эо}$ ).

Для тех видов материалов, которые не расходуются в процессе межремонтного обслуживания, суммарную потребность расхода материалов на ремонтно-эксплуатационные нужды принимают равной суммарной потребности расхода материалов на ремонт.

Финансирование ремонтных работ производится в соответствии с нормами амортизационных отчислений по основным фондам.

Затраты на техническое обслуживание оборудования, текущий ремонт, а также средний ремонт, проводимый с периодичностью до одного года, относят за счет эксплуатационных расходов производства. Затраты на капитальный ремонт, а также средний ремонт, проводимый с периодичностью свыше одного года, компенсируют за счет амортизационных отчислений.

При отсутствии утвержденной стоимости ремонта составляется смета затрат на производство ремонтных работ с отражени-



## Название дисциплины

ем затрат по следующим статьям:

- основная и дополнительная заработная плата и начисления на зарплату;
- сырье, основные материалы, полуфабрикаты и покупные изделия;
- расходы по обслуживанию производства и управлению предприятием (накладные расходы).

Основная заработная плата ремонтных рабочих исчисляется по часовой тарифной ставке, умноженной на трудоемкость выполняемых работ. К этой зарплате, принятой за основную, начисляется дополнительная (премия за качественное проведение работы и сокращение сроков простоя оборудования в ремонте в установленном на данном производстве размере) и начисления на социальное страхование.

Стоимость сырья, материалов, полуфабрикатов и покупных изделий при ремонте оборудования в целях упрощения расчетов при составлении сметы затрат определяется по справочнику как процент от основной заработной платы рабочих.

Расходы по обслуживанию производства и управлению входят в состав накладных расходов (цеховые и общезаводские) и в среднем для зерноперерабатывающей отрасли указаны в табл. 3.1.4.

Таблица 3.1.4

Накладные расходы в % к основной заработной плате рабочих

Виды ремонтных работ	Накладные расходы		
	цеховые	общезаводские	итого
Капитальный и средний ремонты, выполняемые за счет амортизационных отчислений	23	112	135
Средний и текущий ремонты, выполняемые за счет ассигнований по текущему ремонту	23	-	23

В тех случаях, когда текущий и средний ремонты выполняются рабочими производственных цехов за счет эксплуатационных расходов, цеховые расходы не начисляются, так как они разносятся по соответствующим статьям расходов данного цеха.

Цеховые расходы на упомянутые ремонты начисляются лишь в тех случаях, если этот ремонт производится силами другого цеха.

В стоимость капитального и среднего ремонтов, выполняе-

мых за счет амортизационных отчислений, включаются как цеховые, так и общезаводские расходы.

Смета затрат утверждается руководителем предприятия.

### **3.1.5. Организация ремонтной службы предприятия**

Эта служба является структурой главного механика предприятия. Она подчиняется ему и главному инженеру и выполняет многочисленные функции:

- осуществляет контроль за техническим состоянием оборудования и инженерных коммуникаций;
- ведет учет поступающего оборудования, планирование и проведение мероприятий по своевременному пополнению и замене физически или морально изношенных машин и аппаратов;
- осуществляет контроль (совместно с начальниками производственных цехов и участков) за правильной эксплуатацией оборудования;
- составляет цикловые, годовые, квартальные и месячные планы и графики ремонта оборудования, обеспечение их своевременного выполнения;
- составляет дефектные ведомости и сметы на капитальный ремонт оборудования;
- проводит анализ причин аварий и разрабатывает мероприятия по их устранению и предупреждению;
- обеспечивает бесперебойное снабжение предприятия холодной и горячей водой, паром, холодом, сжатым воздухом и др.;
- проводит паспортизацию оборудования, зданий и сооружений; участвует в разработке мероприятий и проектно-сметной документации на реконструкцию, расширение и техническое перевооружение предприятия;
- составляет графики и проводит периодические испытания грузоподъемных средств, аппаратов и сосудов, работающих под давлением;
- составляет заявки на приобретение оборудования, запасных частей, инструментов и материалов;
- осуществляет изготовление оригинальных деталей в мастерских предприятия;
- проводит инструктаж среди работников ремонтно-механической службы;
- осуществляет контроль технического состояния зданий и сооружений, проводит при необходимости их ремонт, реконструкцию и расширение;

– представляет в установленные сроки отчеты по службе главного механика.

На предприятиях большой мощности в функции отдела главного механика вопросы ремонта зданий и сооружений и энергетического оборудования не входят. Они включены соответственно в функции отделов капитального строительства (реализуются через ремонтно-строительный цех) и службу главного энергетика (реализуются через ремонтно-механические мастерские предприятия).

Таким образом, у главного механика много забот, в том числе и стратегических. А где же ремонт, который к стратегическим задачам не относится? Для его проведения организуют отдельно ремонтно-механический участок (РМУ), местные ремонтно-механические мастерские (МРМ), центральные ремонтные мастерские (ЦРМ), ремонтно-механические заводы (РМЗ). Название зависит от объемов выполняемых работ.

Основное назначение этих структур – проведение капитального и среднего ремонтов технологического, теплотехнического, санитарно-технического оборудования, инженерных коммуникаций, а также модернизация, восстановление изношенных сборочных единиц (СЕ) и изготовление оригинальных деталей машин и аппаратов.

Местные ремонтные мастерские (МРМ). Находятся на территории действующего предприятия (элеватора, мукомольного, комбикормового и других заводов) и непосредственно ему подчинены. На некоторых предприятиях местные ремонтные мастерские могут выполнять работы только в объеме текущего ремонта.

При строительстве новых элеваторов и зерноперерабатывающих предприятий местные ремонтные мастерские оборудуют по проектам, разработанным НИИ.

Состав цехов типовой местной ремонтной мастерской для крупного комбината хлебопродуктов по проекту, разработанному ГОСНИИсибпромзернопроект выглядит следующим образом. Мастерская размещена в заблокированном корпусе административного и вспомогательного назначения. В ее состав входят цехи: слесарно-механический и сборочный, жестяницкий, сварочный, столярный, инструментальный, ремонта контрольно-измерительных приборов и ремонта электротехнического оборудования. Общая площадь мастерской 540 м<sup>2</sup>.

В слесарно-механическом и сборочном цехе установлены металлорежущие станки и другое оборудование, позволяющее выполнять слесарную и механическую обработку деталей с по-

следующей их сборкой; в жестяницком цехе изготавливают детали аспирации и технологические трубопроводы; в столярном цехе ремонтируют деревянные детали оборудования; в инструментальном цехе ремонтируют и хранят инструменты и инвентарь для газовой резки и сварки металла, в цехе КИП проводят ремонт контрольно-измерительных приборов, а в электротехническом ремонтируют электродвигатели и пусковую аппаратуру.

Штат ремонтной мастерской 14–15 человек. Мастерская подчинена главному механику комбината.

Местные ремонтные мастерские действующих предприятий, и в первую очередь мукомольных комбинатов производительностью более 100 т/сут, располагают более развитым парком станочного оборудования.

Примерный перечень оборудования, установленного в местной мастерской мукомольного комбината производительностью 200 т/сут:

- в слесарно-механическом и сборочном отделении: токарные станки – 4 шт., поперечно-строгальные – 2 шт., универсально-фрезерные – 2 шт., зубонарезные – 1 шт., сверлильные станки – 3 шт., заточный станок – 1 шт., ножовка механическая для резки металла – 1 шт., ножницы высечные – 1 шт.; пресс гидравлический – 1 шт.;

- в жестяницком цехе: ножницы гильотинные – 1 шт., пресс – 1 шт., ручной гибочный станок – 1 шт., зиг-машины – 2 шт., фальцеосадочная машина – 1 шт., комбинированная трехвалка с загибочной машиной – 1 шт., вертикально-сверлильный станок – 1 шт., точило наждачное – 1 шт., прессы ручные – 2 шт., электросварочный аппарат для точечной сварки – 1 шт.;

- в столярном цехе: ленточно-пильный станок – 1 шт., станок круглопильный – 1 шт., токарный станок по дереву – 1 шт., долбежно-сверлильный станок – 1 шт., пресс для склеивания фанеры – 1 шт., рейсмусовый станок – 1 шт., станок сверлильный – 1 шт., фуговальный станок – 1 шт.;

- в кузнечном цехе: горн – 1 шт., наковальня – 1 шт., молот ковочный пневматический – 1 шт., точило приводное – 1 шт.;

- в сварочном цехе: электросварочные аппараты – 2 шт. и газосварочный аппарат – 1 шт.

Общая численность ремонтного персонала таких мастерских – 42 чел., в том числе дежурный цеховой персонал по ремонту технологического оборудования – 18 чел., рабочие мастерских 17 чел. (токари – 4 чел., жестянщики – 5 чел., столяры – 4 чел. и

## Название дисциплины

слесари-ремонтники – 4 чел.). Мастерская находится в ведении главного механика комбината, ему же подчинен весь ремонтный персонал в период капитального ремонта комбината.

Состав оборудования местных мастерских для хлебоприемных предприятий определяют по нормам технологического проектирования хлебозаготовительных предприятий и элеваторов.

Станочное отделение. Здесь производят: механическую обработку деталей (в том числе вальцов размольных станков) при их восстановлении, а также изготовление новых, балансировку узлов и др. Необходимы следующие основные типы станков: токарно-винторезные, универсальный, фрезерный, вертикально-сверлильные и радиально-сверлильный, поперечно-строгальный, шлифовальный и заточные.

Слесарное отделение. Это отделение выполняет наибольший объем ремонтных работ. Оно оснащено верстаками с тисками по числу работающих слесарей в одну смену, прижимом для труб, станками для гнутья труб, приспособлением для вырезки прокладок и др., приводными пресс-ножницами, разметочной, притирочной и шабровочной плитами, ваннами для мойки деталей после разборки, ванной для нагрева подшипников в масле перед монтажом и др. Кроме того, здесь устанавливают два вертикально-сверлильных станка, заточный станок, стеллажи и шкафы для хранения деталей и материалов.

Для механизации работ в отделении размещают тельфер или таль грузоподъемностью 0,5 или 1 т, для которых монтируют монорельсовый подвесной путь, выходящий консольно за пределы мастерской, обычно через дверь. Для доставки в мастерскую оборудования, деталей и материалов со склада используют аккумуляторные погрузчики.

Кузнечно-сварочное отделение. Здесь устанавливают горн на один или два огня с механическим дутьем, наковальню, верстак, стуловые тиски, приспособление для гибки труб, баки с водой и маслом для закалки деталей. Над горном размещают вытяжной зонт с вентилятором. Для электродуговой и газовой сварки и резки металлов в кузнечно-сварочном отделении должно быть сварочное оборудование: сварочные трансформаторы, преобразователи и генератор, сварочные полуавтоматы, вращатели, стеллажи, а также ацетиленовый генератор, сварочные инструменты и материалы.

Электроремонтное отделение (электроцех). В отделении ремонтируют электродвигатели, трансформаторы, аппаратуру управления и др. Электроцех оснащают верстаками с тисками,

стеллажами и шкафами для ремонтируемого электрооборудования, деталей, инструмента и материалов, а также вертикально-сверлильным, обмоточным, оплеточным и балансировочным станками, ванной для пропитки обмоток статоров электродвигателей, столом для стекания лака и сушильным шкафом.

Ремонтно-строительное отделение. Здесь выполняют столярные, плотницкие, бондарные, жестяницкие, малярные и другие работы. Строительное отделение должно быть оснащено деревообрабатывающими станками, наборами специальных электрифицированных инструментов, а также верстаками, стеллажами и шкафами.

Лаборатория средств измерения и автоматизации. В этом отделении осуществляют ремонт, испытание контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, составляют годовой график государственной поверки приборов и весового оборудования и осуществляют контроль его выполнения. В лаборатории должны быть стенд для испытания приборов, верстак, набор специальных инструментов и комплект контрольных приборов.

Кладовые. Различают кладовые инструментальные, материальные и запасных деталей. Нормальный запас материалов, заготовок и запасных деталей не должен быть более чем на 5–6 дней. Кладовые оборудуют электроштабелерами.

Центральные ремонтные мастерские (ЦРМ). Они обслуживают область (край, регион). Выполняют капитальные ремонты оборудования, направляемого с предприятий и по месту его установки силами выездных ремонтных бригад.

Центральные ремонтные мастерские имеют обычно следующие цехи: механический с инструментальным отделением, слесарно-сборочный, кузнечно-термический, электроремонтный, жестяницкий, столярный, отделение сварки и др.

Отдельные центрально-ремонтные мастерские имеют в своем подчинении передвижные ремонтные мастерские, которые используют для выполнения ремонтных работ на отдаленных предприятиях. В этой мастерской оборудование, инструменты и инвентарь размещают в специальном закрытом кузове, установленном на шасси автомобиля повышенной проходимости. Сварочный агрегат, входящий в таблицу мастерской, устанавливают отдельно на одноосном автомобильном прицепе. В кузове мастерской расположен слесарный верстак с электросверлильной машиной и поворотные слесарные тиски, второй верстак с токарным станком и гидравлическим прессом, ящик-диван для хранения крупногаба-

ритного инструмента, инвентаря и приспособлений и насосная моечная установка.

Ремонтно-механические заводы обслуживают всю отрасль. Заводы изготавливают различного рода металлоконструкции, запасные части, нестандартизированное оборудование, детали технологических трубопроводов и аспирации, ремонтируют технологическое и подъемно-транспортное оборудование.

Ремонтно-механические заводы оснащены лучше, чем централизованные ремонтные мастерские. Они располагают большим числом различного станочного оборудования (металлорежущего, кузнечно-прессового и др.) и имеют дополнительные цехи (котельно-сборочный, малярный и др.).

Особенностью отрасли зернопереработки являются большие габариты и вес оборудования. Его демонтаж и отправка в ремонт представляют сложную задачу. Поэтому для ремонта и наладки нетранспортабельного оборудования при ремонтных предприятиях создаются специализированные выездные бригады или звенья. В состав бригад входят высококвалифицированные специалисты следующих специальностей: слесари-ремонтники, электрогазосварщики, электрики, слесари службы средств измерения и автоматизации, наладчики и др. Бригады обеспечиваются необходимым оборудованием, приспособлениями, инструментом, транспортными средствами (автомашина-летучка) и др.

При ремонтных предприятиях должны быть обменные фонды наиболее распространенных типов транспортабельного оборудования: насосов, сепараторов, конвейеров небольшой длины, электродвигателей, трубопроводной арматуры и др., а также комплектов запасных деталей к ним.

По составу и техническому оснащению современные ремонтные предприятия включают более производительное металлообрабатывающее оборудование с числовым программным управлением, мостовые краны, а также гальваническое и окрасочное отделения.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3.1

### ИСТОРИЯ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Болт и гайка. Появление на Земле винта, равно как и колеса, остается загадкой. Винты, датированные многими веками до Рождества Христова, археологи находят и в Китае, и в Азии, и на

## Название дисциплины

американском континенте. Причем по точности изготовления древнейшие изделия порой превосходят более поздние образцы.

Но, пожалуй, самая поразительная находка была сделана в 1865 году в шахте на территории штата Невада. Кусок полевого шпата, которому, по расчетам археологов, 21 миллион лет, скрывал ржавый стальной винт длиной около двух дюймов; профиль его резьбы четко отпечатался на минерале. Другой – конусный винт обнаружили на территории Китая в черном камне размером примерно  $8 \times 7$  см в 2002 году. После долгих дискуссий ни одна из гипотез, объясняющих его происхождение естественными процессами, не была признана учеными удовлетворительной. Кто знает, возможно, эта загадка досталась нам в наследство от предыдущей цивилизации или прибыла из глубин Вселенной!

Впрочем, и на нашей планете вдоволь естественных винтовых линий: раковина улитки, вьющийся ствол лианы или стебель плюща. Поэтому неудивительно, что винт открывали во многих странах по нескольку раз. В европейской истории его первооткрывателем считается Архитас Тарентийский – философ, математик и механик, живший в IV-V веках до н.э. Его именитый современник Платон открыто возмущался тем, что чистую науку Архитас опорочил прикладной механикой. Не без влияния Платона механика была отлучена от геометрии и надолго примкнула к военному искусству. Между тем, Архитас создал множество механизмов, среди которых и деревянная модель птицы с паровым двигателем, которой восхищался весь античный мир.

Важной вехой в истории стал архимедов винт (III в. до н.э.), почти в неизменном виде доживший до наших дней. Плоская спираль (шнек), заключенная в трубу, позволяла качать воду для орошения полей. Для увеличения высоты подъема устанавливали последовательно несколько винтов. Разновидностью архимедова винта стал так называемый голландский винт, с загнутыми вверх краями лопастей, лучше удерживающий воду. Через две тысячи лет это изобретение все так же востребовано человечеством: шнеки можно увидеть в современных бурах, насосах, транспортерах.

К первому веку до н.э. деревянный винт получил всеобщее распространение на берегах Средиземного моря. В основном он работал в прессах – для производства вина, оливкового масла или отжима белья. Недавно при раскопках Помпеи были найдены довольно изящные медицинские инструменты того времени со стальными винтами (они хранятся в Американском Национальном историческом музее). Технология их изготовления окончательно



не ясна. Очевидно одно: об использовании винтов в качестве крепежа тогда не могло быть и речи – для этого требовалось производить их дешево и в больших количествах. Первым шагом в этом направлении стал копировальный станок Леонардо да Винчи.

В Средние века технология изготовления винтов была весьма примитивна. Мастер навивал на стержень полоску бумаги или размечал резьбу на глазок, а затем пропиливал ее напильником. Так же примитивно делали и гайку. Иногда ее роль играла втулка со штифтами. Первый копир, предложенный да Винчи, воспроизводил профиль эталонного винта, который соосно скреплялся с заготовкой. Точных описаний приспособления не сохранилось. Зато сохранился эскиз более совершенной машины – прообраза токарно-винторезного станка, – к сожалению, не оцененный потомками. В нем было сразу несколько революционных идей: во-первых, шаг нарезаемого винта можно было изменять подбором комплекта шестерен, во-вторых, резец находился не в руке у рабочего, а в жестком суппорте, в-третьих, постоянное направление вращения (в отличие от древних лучковых станков) позволяло добиться хорошего качества обработки и высокой производительности.

Но станок Леонардо с ходовым винтом, как и большинство его изобретений, опередили свое время. Прошло более 200 лет, прежде чем он был заново открыт русским механиком А.К. Нартовым.

Не оценив по достоинству суппорт и автоматическую подачу, мастера эпохи Возрождения придумали для нарезания резьбы гребенки – пластины с расстоянием между резцами, равным шагу винта. Их прижимали к вращающемуся стержню, постепенно продвигая вдоль резьбы. Металлические винты делали и так: на стержень навивали проволоку нужного сечения и спаивали ее со стержнем, затем в промежутки укладывали такую же проволоку, но не так плотно, свивали ее со стержня и впаивали во втулку – получалась гайка.

Нарезали резьбу и с помощью примитивных метчиков, которые больше давили, чем резали. К тому же, не существовало единых стандартов на резьбы, поэтому новые винт и гайку связывали бечевкой, чтобы не перепутать разнокалиберный крепеж. Разброс шага и диаметра резьбы создавал большие трудности при ремонте: мастеру приходилось вручную выпиливать в точности такой же винт, чтобы заменить им старый или изготовить новую гайку.

Первую попытку стандартизации резьб сделал еще да Винчи, предложив установить шаг винта равным четверти его малого диаметра. Но при кустарном производстве ни о каком единообразии не могло быть и речи. Эра винторезных станков началась в XVIII веке, с конструкций соратника Петра I А.К. Нартова. Во время поездки Нартова по западной Европе в 1718-1720 годах, где он демонстрировал свое изобретение, русские токарные станки с копирами вызвали изумление у европейцев, не помышлявших о таком уровне технологий. Осенью 1738 года Нартов доложил на заседании Академии наук о создании нового токарно-винторезного станка для производства больших (машинных) винтов. В 1797 году похожий станок, но с приводом от паровой машины сконструировал англичанин Генри Модслей.

Однако прошло еще полвека, прежде чем его соотечественник Витворт предложил стандарт для резьб: равнобедренный треугольник с углом при вершине  $55^\circ$ , закругленным на  $1/6$  его высоты. В начале XX века германская комиссия по нормам изменила стандарт: вершины срезали до начала закруглений. Вслед за Витвортом свой стандарт треугольной резьбы с углом  $60^\circ$  предложил американец Селлерс, и четыре года спустя его система вводится на территории США. Привычная нам метрическая резьба с углом  $60^\circ$  и срезанными на  $1/8$  высоты вершинами была принята лишь в 1898 г. на Цюрихском конгрессе.

Сто лет назад слово плашка означало не совсем тот инструмент, что мы покупаем в магазинах сегодня. Плашка состояла из двух сменных раздвижных резцов, вставляемых в обойму или в клупп. Цельные, круглые плашки назывались лерками. Распространены были и резьбовые доски. В клуппах профиль резьбы можно было продавить сильнее, вкрутив упорный винт, да и начинать резьбу было легче – с раздвижным инструментом можно обойтись без заходного конуса. Удобен клупп и при ремонте сорванной резьбы: править ее можно не от смятого края, а с противоположного, что с современной плашкой не получится. Для деревянных винтов выпускали свои инструменты: метчики и винтильни с одним рабочим резцом.

Отдельного упоминания заслуживают цены на этот инструмент. Они были не просто высокие – заоблачные. Судите сами: по каталогу Растеряева – поставщика двора Его императорского Величества в начале XX века английская резьбовая доска стоила от 2 до 6 рублей, набор американских плашек и метчиков – 16-37 рублей, а большой регулируемый клупп – 110 рублей. Для сравнения – пятистенный дом в Нижегородской губернии стоил

## Название дисциплины

около 120 рублей, хорошая лошадь – 20-30 рублей, пообедать же в Москве можно было и вовсе за 3 копейки. Жалованье низкоквалифицированного рабочего составляло 25 рублей в месяц, учителя – 25-35, высококвалифицированного – 50-70 рублей.

Новейшая история винта сулит не менее интересное продолжение. В 2002 году японская компания Мицубиси разработала полимерный винт с эффектом памяти, способный при нагревании разглаживать резьбу, принимая первоначальную форму стержня. После этого его легко извлечь из отверстия без помощи отвертки. По заявлению авторов новинки, это существенно ускоряет монтаж различной бытовой техники, мобильных телефонов, компьютеров с множеством крохотных винтиков. Последние же потом можно использовать повторно. Температуру разглаживания подбирают индивидуально для каждого изделия. Начало производства умных винтов запланировано на 2011 год.

Гвозди. Они являются еще более древними крепежными деталями (рис.ПЗ.1.1).

Это – [метиз](#), крепёжное изделие, представляющее собой [цилиндр](#), [параллелепипед](#), [конус](#), [пирамиду](#) или [винт](#), заострённый с одного конца и имеющий на втором, тупом конце плоскую рифлёную или декоративную шляпку. Используется для скрепления различных материалов (в основном деревянных) посредством забивания. Гвоздь держится в детали при помощи [силы трения покая](#). При вытаскивании гвоздь оказывает сопротивление за счет силы трения скольжения (рис. ПЗ.1.2).

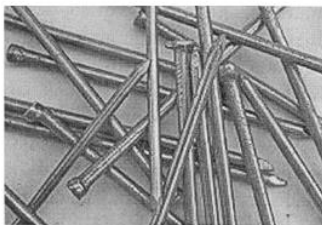


Рис. ПЗ.1.1. Современные гвозди

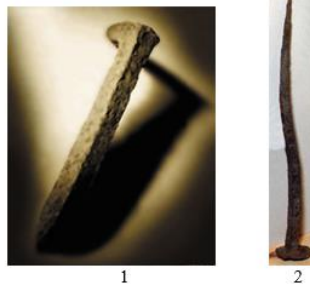


Рис. ПЗ.1.2. Древние кованые гвозди:  
1 – из раскопок в Новгороде; 2 – кельтский (III в.н.э.)

[Молоток](#) – основной инструмент для забивания гвоздей.

В древности [человек](#) изготавливал гвозди из костей [рыб](#), [шипов](#) растений, из [древесины](#) твёрдых пород.

В эпоху [бронзовой культуры](#) появились первые [металлические](#) гвозди – [литые](#) и [кованые](#). Позднее гвозди стали изготавли-

вать из [медной](#) и [железной проволоки](#).

Исторические источники сообщают об использовании гвоздей в [Римской империи](#) для [прибивания](#) преступников к деревянным крестам.

В [России](#) специалисты-гвоздари известны с [XIII века](#).

Изначально производство гвоздей было ручным и дорогостоящим – в ту пору за горсть гвоздей давали целого барана. Производство гвоздей оставалось ручным до начала [XIX века](#), когда были созданы первые машины для изготовления кованых гвоздей. Примерно в то же время стали применять станки для получения гвоздей из проволоки.

Современные гвозди изготавливаются преимущественно из стали. В отдельных случаях они делаются из [латуни](#), меди, [бронзы](#), [цинка](#), [пластика](#) и других материалов.

К концу [XIX века](#) кованые гвозди составляли предмет обширной кустарной промышленности.

Производство, как правило, заключалось в следующем: рабочий брал железный прут, накаливал в [горне](#), ударами [молота](#) оттягивал его на [наковальне](#), заостряя на конце и оставляя утолщение на месте будущей головки. Затем прут у головки отсекался и вставлялся в брусок с отверстием (гвоздильню), после чего головка гвоздя расплющивалась молотком.

В других случаях гвозди нарезались из железной полосы (костыльки). Те же операции впоследствии стали производиться и машинами. Гвозди отковывались из накаливаемого железа и из холодного.

Литые гвозди делались из чугуна и отжигались.

Гвоздь – это прежде всего символ защиты. Например, по китайской традиции, в здание часто забивают множество лишних гвоздей, чтобы защитить его от злых духов; в Древнем Риме в храме Юпитера существовала ежегодная церемония забивания гвоздя (рис.ПЗ.1.3).



Рис. ПЗ.1.3. Доски для вбивания ритуальных гвоздей

Прикрепление или соединение – функции гвоздей, которые, как полагают, прямо повлияли на их значение в некоторых африканских магических обрядах – удержать вызываемых духов рядом, пока они не выполнят те задачи, ради которых шаман их вызывает. В произведениях искусства три гвоздя символизируют распятие Христа. О св. Елене, матери императора Константина Великого, говорили, что она владеет тем самым крестом и гвоздями, которые использовали при распятии Иисуса Христа, что, впрочем, оспаривалось другими «обладателями» этих реликвий.

Как и почти все, сделанное из железа, гвозди раньше использовались в самых разных видах ворожбы – как защитной, так и лечебной. Говорят, что римляне вбивали их в стены домов как противоядие от чумы.

Плиний утверждает, что эпилептика можно вылечить, если вбить гвоздь в землю, на которой он лежал в припадке. Он также сообщает, что гвоздь, выдернутый из гробницы и положенный на пороге спальни, защищает спящего от ночных кошмаров, видений и призраков. В этом последнем, конечно, замешана власть мертвых, но несомненно также, что усиливалась она именно с помощью железа.

В Великобритании считают удачей найти на дороге гвоздь, особенно ржавый. Его надо немедленно поднять и унести домой. Если гвозди носить в кармане или спрятать в доме, они предохраняют от колдовства и сглаза. В свое время верили, что если кого-то подозревают в колдовстве, это подозрение можно проверить, потихоньку от него вбив гвоздь в его (или ее) след. Если это действительно колдун, какая-то сила заставит его вернуться и вытащить гвоздь, а если он невинен, то так и пойдет своей дорогой, не подозревая о проведенном над ним эксперименте.



Рис. ПЗ.1.4. Фреска – Гвозди Креста Господня (Ватикан, собор св. Петра)

Гвоздь есть утверждение символа космической оси на небольшом отрезке, отыгрывающем эту вертикаль.

В христианской традиции – это гвозди креста. Эмблемы святых Себастьяна, Урсулы, Кристины, Эдмунда обозначают мучение и страдание (рис. ПЗ.1.4).

Дидро, французский энциклопедист, сравнил глубокие мысли с железными гвоздями, которые вогнаны в ум так, что потом их ничем нельзя вырвать.

На архетипическом уровне гвоздь, как правило, не является символом вины. Если ты нечаянно наступил на гвоздь, то это знак твоей невнимательности, что и подтверждает русская поговорка «Невинен гвоздь, что в стену лезет – обухом колотят». Говорят, что на даче Сталина существовал гвоздь огромных размеров, вбитый в балку. В мифическом плане он осуществлял магико-символическую функцию, помогая власти диктатора. Один из пролетарских поэтов использовал метафору о железных людях, из которых можно делать гвозди, что, несомненно, является элементом социальной магии.

Гвозди участвуют в знаке завершения чего-либо. Забить гвоздь в крышку гроба значит покончить с кем-либо или с какой-то ситуацией. У спортсменов-футболистов существует выражение «повесить бутсы на гвоздь», которое означает конец спортивной карьеры.

## Название дисциплины

Холодное железо подчиняет людей. С самого рождения они окружены железом и не могут без него жить. Оно есть в каждом доме и способно возвысить или уничтожить любого из них. Такова судьба всех смертных (Конфуций – II в. до н.э.).

Основные виды гвоздей:

- гвоздь обычный строительный,
- винтовой гвоздь,
- дюкерт-гвоздь,
- гребенчатый (ёршенный) гвоздь,
- шиферный гвоздь,
- кровельный гвоздь.

Современные гвоздильное производство представляет собой обычно прессы-автоматы ротационного типа. Наиболее распространенным типом таких автоматов являются автоматы с горизонтальным расположением инструмента. Последующая обработка гвоздей (снятие заусениц, термообработка и противокоррозийное покрытие) производится на специальном оборудовании с механизированной загрузкой и выгрузкой.

Большинство процессов гвоздильного производства автоматизировано.

Современные автоматы производят гвозди длиной от 6 до 400 миллиметров и диаметром от 0,8 до 8,8 миллиметров.

Создание крепежных деталей занимает принципиальное место в экономике. В США приблизительно 625 компаний с общей численностью рабочих 50-60 тыс. раз в год поставляют на рынок более 250 миллиардов таких деталей. Потребители данной продукции платят за нее 10 миллиардов долл. и еще больше за ее установку. Итоговая цена всех сделанных в стране крепежных деталей составляет 50 миллиардов долл.

Стандартизацией крепежных изделия в США занимаются специальные и почти все остальные организации. Их деятельность связана с введением в имеющиеся стандарты дополнительных характеристик с учетом тех специфических требований, которые диктуются условиями внедрения крепежных деталей в отдельных отраслях индустрии. К числу таких организаций относятся Южноамериканское общество по испытанию материалов, Южноамериканский государственный институт стандартов, Общество автоинженеров и остальные. Этими организациями создано в общей сложности около 8 тыс. стандартов на крепежные изделия, они охватывают такие характеристики, как материал, геометрия профиля резьбы и крепежных деталей, размеры, допуски и механические характеристики. Если учитывать крепежные детали спе-

циального назначения либо детали с ограниченным правом производства, с всяческими видами обработки поверхности и покрытиями, также все композиции диаметра и длины, то общее число разновидностей этих изделий составит более двух миллионов.

При таком большом выборе фабричным организациям следует избегать количественного роста крепежных изделий. Если не быть предусмотрительным на стадии проектирования какого-нибудь оборудования, то увеличение числа крепежных деталей разных типов и размеров в проекте потом может обернуться большими материальными потерями.

Предположим, что разрабатывается конструкция какого-нибудь механизма, на определенной стадии сборки которого будет нужна установка самонарезающего винта. Допустим также, что винт этот должен иметь полностью определенные диаметр и длину. В данном случае конструктор имеет последующий выбор самонарезающих винтов в согласовании с действующими эталонами: девять форм профилей резьбы, 6 типов головок, три типа прорезей на головке и четыре разновидности обработки поверхности. В итоге конструктору придется выбирать один винт из 648 вероятных. Из приведенного примера видно, с чем может столкнуться компания при увеличении числа крепежных деталей, любая из которых нумеруется по принадлежности и поставляется в партии.

Та же неувязка характерна и для обычных случаев. Пусть требуется подобрать соответствующие друг другу болт, гайку и шайбу. Обращаясь к обычным изделиям, инженер обнаруживает, что болт нужных диаметра и длины он может выбрать из трех с разной формой головок, из четырех – рассчитанных на разные перегрузки, из двух с неодинаковым шагом резьбы и из трех, различающихся методом обработки поверхности; подходящую ему гайку он может выбрать по меньшей мере из двух типов и из двух типов – шайбу. В целом число вероятных композиций равно 288.

Подсчитано, что цена хранения запасов деталей 1-го наименования обходится более чем в 2 тыс. долл. в год. Каждое из этих наименований нужно записать в банк данных компьютера, откуда в подходящий момент можно извлечь требуемую информацию; нужно также поддерживать определенные условия, при которых имеющиеся в наличии детали данного типа сохраняли бы свою пригодность; для хранения запасов требуется особое помещение и, не считая того, нужно располагать техническими и людскими средствами для доставки подходящего оборудования со склада. Все это относится к каждой гайке, болту, шайбе и иным



крепежным элементам, используемым при сборке машин и узлов.

Почти все компании склонны уделять существенно меньше внимания крепежным деталям, чем каким иным, из которых собирается тот либо другой узел. Традиционно гайки и болты представляют как стандартизованные дешевые детали, которые постоянно под руками, и при необходимости рабочему довольно достать до ящика, взять необходимое и установить. В итоге (за несколькими исключениями, в том числе в автоиндустрии и в производстве сельскохозяйственной техники) много средств расходуется на увеличение запасов крепежных деталей, также на необоснованное внедрение болтов и гаек с завышенными прочностными характеристиками, из улучшенных материалов, с особым видом резьбы и особым покрытием. Любая промышленная компания, расходующая 1 млн. долл. в год на крепежные детали, может сэкономить 15% от данной суммы лишь за счет более оптимального использования этих деталей.

Ввиду того что затяжка делается вручную, большие болты и гайки (диаметром 5/8 дюйма и больше) обычно недозатягиваются, и напротив, более маленькие крепежные детали традиционно затягиваются очень сильно.

Для обеспечения обычной затяжки болтов и гаек употребляются особые гаечные ключи и приспособления. В тех же вариантах, когда к соединению крепежных деталей предъявляются особо точные требования (с точки зрения обеспечения высокой надежности и сохраняемости), их затяжка осуществляется с внедрением электронных устройств автоматического управления, которые получают все более обширное практическое использование. Используемый в этих системах микропроцессор управляет операцией затяжки. Управление предусматривает измерение и преобразование величины момента и угла в электрические сигналы. По достижению определенной величины сигналов завершающее устройство с электрическим приводом выключается.

Контролирование степени затяжки часто позволяет применить более маленькие либо относящиеся к более низкому классификационному классу крепежные детали, что может обеспечить экономию в размере 10% на каждую деталь. Для компании, которая производит сборку, скажем, 1 млн. машин в год, таковая замена крепежных деталей может понизить издержки на сто тыс. долл. в год. Причем после установки более надежного болтового соединения снизится возврат плохой продукции для ремонта и экономия будет еще более.

Почти все крепежные детали работают в агрессивных сре-

дах, вызывающих коррозию, либо в условиях больших температур, а время от времени при одновременном действии обеих причин. Эталонами предусматривается покрытие деталей, рассчитанных на работу в указанных условиях, особыми составами из фосфата и жидкой смазки. Для обеспечения повышенной стойкости к коррозии на поверхность крепежных деталей гальваническим методом наносят цинк либо кадмий. Однако все эти способы не лишены недочетов. Покрытие цинком и кадмием, к примеру, может повысить хрупкость основного металла метиза.

В последнее время предложено покрытие крепежных изделий алюминием, которое удачно применяется в авиационно-космической индустрии для деталей, рассчитанных на работу в экстремальных условиях, к примеру, в газовых турбинах. Алюминий распыляется на фосфате либо хромате. Алюминиевые покрытия повышают способность крепежных изделий выдерживать высокие температуры и противостоять действию почти всех жидких химических и органических веществ.

Некоторые успехи достигнуты и в технологии покрытия инструментов, применяемых при холодных методах производства крепежных изделий. Эти инструменты изготавливаются из высокопрочных материалов. Самые огромные издержки в производстве крепежных изделий связаны с заменой используемых для их производства инструментов. Меры, обеспечивающие продление срока службы инструментов для производства крепежных изделий, включают разные виды обработки их поверхностей, такие, как цементация, азотирование и гальванопокрытие. Употребляется также и установка вкладышей из карбида титана либо нитрида титана в места, подверженные большому износу. В настоящее время разработан способ нанесения узкого слоя карбида титана либо нитрида титана химическим методом либо осаждением. Покрытия не только придают инструментам высокую твердость, но и выполняют роль смазки, которая понижает трение между инструментом и обрабатываемой деталью. Указанные технологические приемы в большинстве случаев повышают срок службы инструментов в три-пять раз.

**Подковы.** С гвоздями связан и магический смысл подковы.

Люди приручили лошадь где-то около 5 тысяч лет назад. И сразу возникла проблема: при езде по каменным почвам копыта лошадей изнашивались и лошади становились неработоспособными. Чтобы защитить копыта, использовали различные чехлы, сплетенные из камыша, лыка, соломы, веревки, позже – железные пластинки с крючками; эти приспособления привязывали к

нижней части ноги животного ремнями или веревками. Современные подковы, прибиваемые гвоздями, изобретены римлянами (судя по многочисленным находкам в поздних римских военных лагерях) в III в.н.э. С тех пор подковы почти не менялись, в конечном итоге пришли к подкове как наиболее универсальному средству защиты. Подковы прибивали к копытам гвоздями. Поэтому связь гвоздей с подковами была чисто утилитарная, но затем перешла в магическую.

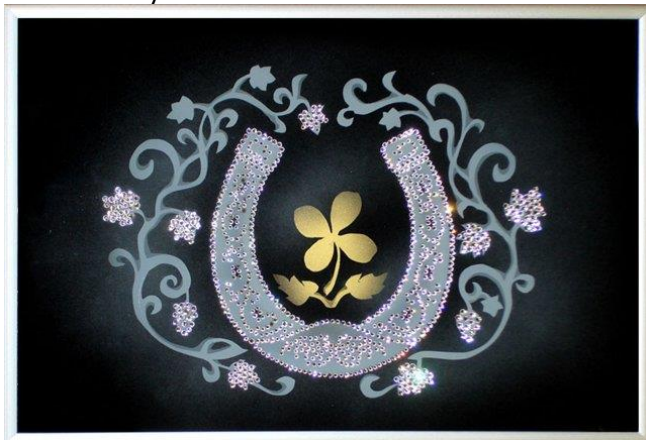


Рис. ПЗ.1.5. Лошадиная подкова – символ удачи

Лошадиная подкова, прибитая над дверью дома, приносит удачу всем, кто в нем живет. Если подкова над дверью взята из-под задней ноги сивой кобылы, удача будет наибольшей.

Подкова, прибитая на мачту рыболовецкого судна защищает его от бури. (Суеверие шотландских рыбаков).

Если ты найдешь на дороге подкову, подбери ее, плюнь на нее и брось через левое плечо, загадав желание. Твое желание должно исполниться. (Север).

Найти подкову на дороге – к счастью. (Повсеместно). Источник этого поверья состоит в том, что дьявол (от которого должна защищать подкова) всегда ходит кругами и, доходя до каждого из концов подковы, вынужден развернуться и пойти обратно.

Вера в счастливые качества лошадиной подковы – одно из наиболее распространенных современных суеверий. Даже те, кто возмущаются, когда их называют суеверными, найдя подкову, все же стараются прибить ее над дверью.

Но суеверие требует (мы выяснили это на примере мно-

Название дисциплины

жества прибитых подков), чтобы она висела строго определенным образом, а именно концами кверху (рис. П.3.1.5).

Вера в подкову широко распространена и в России: «Находка старого железа, особенно подковы – приносит счастье. Найденная подкова, прибитая к порогу торгового заведения, приносит удачу в торговле».

В русских деревнях подковы обычно прибивали или перед порогом или над дверью, правда, в отличие от английской традиции, располагать подкову было принято концами вниз (рис. П3.1.6).



1

2

Рис. П3.1.6. Подкова–талисман удачи:

1 – Новгород ХП в.н.э.; 2 – Москва XV век

На протяжении веков подкова считалась приносящим счастье и защиту амулетом во всех странах, где куют лошадей. Частично это происходит оттого, что она сделана из железа и выкована кузнецом, а частично от того, что она своей формой напоминает, а потому и символизирует, молодой месяц.

Найти подкову на дороге – очень хорошая примета, и особенно если она отлетела от задней, ближайшей к прохожему ноги серой кобылы. Нечего и говорить, что оставлять такую редкую и счастливую находку без внимания ни в коем случае нельзя. В некоторых регионах говорят, что, как и в случае с гвоздем, правильная последовательность действий при находке такова: под-

Название дисциплины

нять предмет, плюнуть на него, загадать желание, бросить через левое плечо и идти своей дорогой, не оглядываясь. Впрочем, более общепринятая практика – взять подкову с собой и прибить над входной дверью или к порогу.

Вера в то, что присутствие подковы в этих местах отвращает злые силы и приносит счастье, очень стара и отнюдь не изжита и поныне, если можно принять в качестве свидетельства тому множество настоящих или игрушечных подков, висящих в городских и сельских домах по всему миру. Мнения о том, как правильно подвешивать подкову, несколько расходятся. Некоторые считают, что вешать надо концами вниз. Другие, и таких, пожалуй, большинство, считают, что в таком случае удача выльется, и чтобы сохранить ее внутри, надо вешать подкову концами вверх.

Подковы бывают летние и зимние. Зимой и в случае передвижения по скользкой дороге для большей устойчивости животных на нижней поверхности подков делают шипы (выступы). Различаются также подковы для верховых, упряжных лошадей и др. Для больных копыт применяют круглые подковы, полуподковы и др. (рис. ПЗ.1.7).

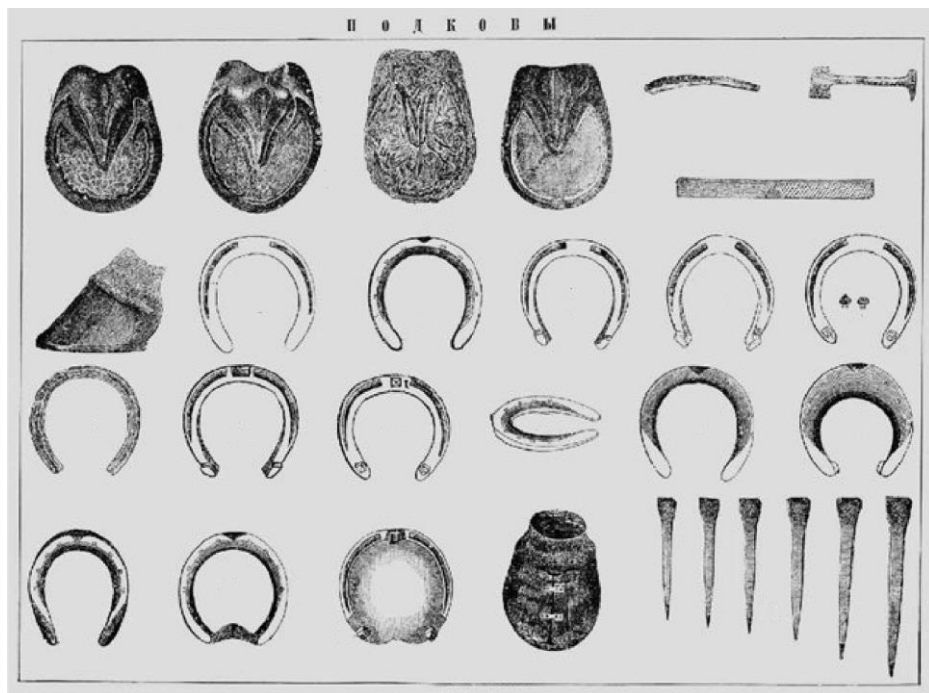


Рис. ПЗ.1.7. Чехлы, различные виды подков и гвозди, которыми прибивались подковы

## 3.2. Технологический процесс ремонта оборудования

Зерноперерабатывающие предприятия работают по специально разработанным технологическим схемам и процессам, построенным на принципе непрерывного движения зерна и продуктов его переработки по единому циклу.

В технологическом процессе предприятия участвует большое количество технологического, транспортного и вспомогательного оборудования. Для того чтобы вся эта многообразная техника полностью отвечала своему назначению, она должна постоянно быть в исправном, работоспособном состоянии, обеспечивающем его паспортную производительность и высокую технологическую эффективность.

Эти цели достигаются посредством правильно построенной системы эксплуатации и ремонта.

Ремонт – это комплекс операций по восстановлению исправности машины и достижению ею работоспособности, близкой к паспортной.

Технологический процесс ремонта относят к общемашиностроительным технологиям.

### 3.2.1. Структура технологического процесса ремонта

Технологический процесс – часть производственного цикла, содержащая целенаправленные действия по изменению и определению состояния ремонтируемого оборудования (очистка, разборка, диагностика и т. д.). С позиций технологии машиностроения все машины называют изделием. Под этим термином понимается объект, являющийся продуктом конечной стадии производства завода, цеха, участка, линии. В зависимости от назначения различают изделия основного производства – для поставки заказчикам или реализации торговыми организациями, и изделия вспомогательного производства – для собственных нужд предприятия.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) устанавливает следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Деталью называется изделие (или его часть), изгото-

## Название дисциплины

товленное или подлежащее изготовлению из однородного материала, без применения сборочных операций. Таким образом, деталь – это изделие или первичный элемент сложного изделия, характеризующийся отсутствием в нем разъемных и неразъемных соединений.

Сборочная единица представляет собой изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, склеиванием и т. п.).

Комплексом называется два и более специфицированных (т. е. имеющих спецификацию) изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, поточная линия производства муки, установка для производства сливочного масла и т. п.

Комплект образуют два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера (например, комплект режущих инструментов для измельчителей, запасных частей, измерительной аппаратуры и т. п.).

Различают сборочные единицы первого, второго и более высокого порядка.

Сборочная единица первого порядка может состоять из нескольких простых сборочных единиц второго порядка и т. д.

Такое деление изделий на составные элементы необходимо для построения технологических процессов общей и узловой сборки и определения структуры и последовательности комплектования изделий и сборочных единиц.

Технологический процесс состоит из операций, которые, в свою очередь, делят на позиции, переходы и проходы.

Операция – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и включающая все действия рабочего и оборудования по сборке (разборке) сборочной единицы или агрегата, по обработке детали. Наименование операции записывают в именительном падеже в соответствии с названием применяемого оборудования (очистная, токарная, наплавочная, прессовая, контрольная и т. д.)

Позиция – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной деталью или сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или оборудования.

Название дисциплины

Технологический переход – законченная часть технологической операции, которую выполняет рабочий (рабочие) без смены инструмента, неизменности установки объекта ремонта, обрабатываемой поверхности и режима работы оборудования. Переход состоит из проходов. Проход – часть перехода, охватывающая действия, связанные со снятием одного слоя металла при постоянстве инструмента, обрабатываемой поверхности и режима работы станка.



Название дисциплины



Рис. 3.2.1. Схема технологического процесса капитального ремонта машин

зерноперерабатывающего предприятия

Производственным процессом ремонта называют совокупность всех действий людей и орудий производства, выполняемых для восстановления работоспособности оборудования.

Производственный процесс ремонта охватывает не только все технологические работы, но и другие необходимые виды деятельности (организационно-экономические, снабженческие, хранение и транспортирование и т.д.). Он относится к участку, цеху, предприятию (производственный процесс механического участка и т.д.). Технологический процесс относится к детали, агрегату, машине, станку и т.д. (технологический процесс обработки вала и т.д.).

Технологический процесс представляет собой наиболее значимую часть производственного процесса. Его структура и степень расчленения зависят от устройства ремонтируемого оборудования, вида и метода ремонта (текущий, средний, капитальный; индивидуальный эксплуатирующей организацией; поточный на специализированном предприятии и др.)

Схема технологического процесса капитального ремонта сложных машин и оборудования показана на рис. 3.2.1. В отличие от технологии изготовления машин технологический процесс их капитального ремонта более сложен и включает в себя ряд дополнительных специфических работ (приемку в ремонт, очистку, разборку дефектацию и др.).

Особенность предремонтной диагностики в отрасли: она не может быть функциональной, так как реализовать режим нормальной эксплуатации на поломанном оборудовании ремонтники не могут из-за отсутствия большого количества продуктов.

Затруднительно организовать и тестовое диагностирование, так как для реализации тестового воздействия нужно сложное оборудование.

Поэтому предремонтную диагностику проводят на холостом ходу, включая оборудование на небольшое время. Цель не только обнаружить неисправность, но и найти место дефекта. Здесь особенно удобна субъективная диагностика и диагностика по косвенным диагностическим признакам. В число их обычно входят затраты энергии, определение зазоров в подвижных соединениях, степень нагрева масла подшипников, вибрационное состояние.

Используют следующие приборы: стетоскопы, шумомеры, спектрографы, термоиндикаторные краски, набор щупов.

Также применяют и более простые методы: осмотр, обстукивание, прослушивание. Очень важен и накопленный опыт, зна-

ние причин типовых неисправностей.

### 3.2.2. Разборка оборудования

Трудоемкость разборочно-сборочных работ составляет более 50 % общей трудоемкости ремонта оборудования. Степень и технология разборки машин и оборудования зависят от их конструкции и технического состояния, вида и метода ремонта. При текущем ремонте оборудование разбирают частично, при капитальном – полностью.

При разборке применяют различное оборудование, приспособления и инструмент: стенды, прессы, съемники, гайковерты, ключи и т. д. Многие машины, оборудование и их агрегаты при разборке закрепляют на специальных стендах, конструкция которых зависит от габарита, массы, устройства и других параметров разбираемого объекта. Конструкция стендов должна обеспечить безопасность и минимальную трудоемкость работ.

Общие правила разборки. Разбираемые машины или агрегаты должны быть чистыми, для чего их подвергают наружной очистке.

Последовательность разборки должна соответствовать технологической карте или инструкции. Вначале снимают легкоповреждаемые и защитные части (электрооборудование, трубопроводы, шланги, кожухи, тяги и т.п.). Затем снимают самостоятельные узлы и агрегаты, моют их и разбирают на детали. Некоторые узлы и агрегаты со специфической технологией ремонта (электрооборудование, гидравлическая аппаратура, баки, охладители, рамы и т.п.) не разбирают, а направляют на соответствующие рабочие места, где их проверяют и ремонтируют. Во время разборки и ремонта запрещается разуконплектовывать детали, которые при изготовлении обрабатывают в сборе или балансируют.

При разборке необходимо пользоваться съемниками, приспособлениями и инструментами, которые обеспечивают правильное центрирование деталей и равномерное распределение усилий. Не разрешается ударять стальным молотком или кувалдой по снимаемым или впрессовываемым подшипникам, втулкам, сальникам и т. д. Для этого при необходимости следует применять наставки, оправки, а также выколотки с более мягкими наконечниками (молотки с медными бойками). Нельзя применять чрезмерных усилий там, где это не предусмотрено технологией. При выпрессовке подшипника из гнезда усилие прикладывают к

## Название дисциплины

наружному кольцу, а при съемке с вала – к внутреннему. Запрещается выпрессовывать подшипники ударным инструментом.

Крепежные детали (болты, гайки, шайбы и др.) следует укладывать в сетчатые ящики или вновь устанавливать на свои места. Нельзя разуконплектовывать соединения с резьбой повышенной точности. Во избежание появления трещин при снятии чугунных деталей, закрепленных несколькими болтами, сначала отпускают все болты или гайки на пол-оборота, а затем постепенно отворачивают их полностью.

Открытые полости и отверстия, через которые внутрь детали или узла может проникнуть грязь, закрывают крышками и пробками. Детали и агрегаты массой более 20 кг необходимо поднимать и перемещать подъемно-транспортными средствами с надежными захватами.

Разборка резьбовых соединений. 60–65 % трудоемкости разборочных работ приходится на резьбовые соединения (РС). В зависимости от условий эксплуатации РС классифицируют на три группы (табл. 3.2.1).

Таблица 3.2.1

Классификация резьбовых соединений в зависимости от условий эксплуатации

Группа соединения	Местоположение РС в машине и условия эксплуатации	Примеры РС
Тяжелая	Снаружи машины в нижней части, работающей в условиях запыления, загрязнения и повышенной коррозии	Крепление опор, стремянок рессор, редукторов машин и др.
Средняя	Снаружи машины в верхней ее части, закрыты кожухами, капотами и т. п.	Крепление шестерен силовых агрегатов, насосов и вентиляторов
Легкая	Внутри корпусов, находятся в масляной среде	Крепление крышек подшипников, фланцев и стаканов редукторов и др.

Крутящий момент при разборке РС определяют по табл. 3.2.2.

Таблица 3.2.2

Значения крутящего момента, Н•м, при разборке РС в зависимости от диаметра резьбы

Группа соединения	Диаметр резьбы, мм						
	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24
Тяжелая	До 45	До 80	До 190	До 260	До 350	До 600	До 800

## Название дисциплины

Средняя	» 40	»60	» 180	» 190	» 320	-	-
Легкая	» 35	»45	» 160	» 180	»300		

Разбирают резьбовые соединения с помощью ручного и механизированного инструмента. В первом случае используют гаечные ключи (рожковые, торцевые, накидные, коловоротные, трещеточные и др.), отвертки, шпильковерты и др.

Применение механизированных инструментов (гайковертов, шуруповертов, шпильковертов) в несколько раз повышает производительность труда и улучшает его условия. По типу привода их разделяют на электрические, пневматические и гидравлические, а по конструктивным признакам – без фиксированного крутящего момента, с самоостановом двигателя в конце затяжки РС, с механизмом ударного действия, одношпindelные и многошпindelные.

Пневматические инструменты (табл. 3.2.3) по сравнению с другими имеют меньшую массу и реактивный момент, но обладают низкими долговечностью и КПД (7–11 %), создают высокий уровень шума и вибраций.

Таблица 3.2.3

Технические характеристики ударных пневматических гайковертов

Показатель	ИПЗ111	ИПЗ112А	ИПЗ113	ИПЗ106	ИПЗ205	ИПЗ207
Наибольший диаметр резьбы, мм	12	14	18	42	42	16
Наибольший крутящий момент, Н·м	63	100	250	800* 1250 1500	800* 1250 1500	100
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	0,7	0,97	0,9	1	1	0,7
Рабочее давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Масса (без сменной торцевой головки), кг	1,9	2,2	3	9	9,5	2,6

\* Регулируемый.

Существуют специальные приемы для удаления сломанных болтов или шпилек (рис.3.2.2).

Машины без фиксированного крутящего момента применяют редко. Машины с регулируемой муфтой позволяют устанавливать заданный крутящий момент. Гайковерты ударного действия имеют меньшую массу и малый реактивный момент по сравнению с такими же, но вращательного действия. Их момент затяжки зависит от продолжительности работы, и для обеспечения нужного крутящего момента ее необходимо регулировать.

Разборка прессовых соединений. Трудоемкость разборки прессовых соединений составляет 20–25 % общего объема разборочных работ. Усилия распрессовки часто значительно превышают теоретически необходимые, особенно при наличии коррозии соединения. Для разборки прессовых соединений (ПС) применяют съемники, прессы, стенды и приспособления. Они бывают: специальные (для снятия определенной детали) и универсальные; ручные и приводные; механические, пневматические, гидравлические и др.; стационарные и переносные.

Механические и пневматические съемники и приспособления применяют для разборки соединений, не требующих значительных усилий. При больших усилиях ПС разбирают с помощью гидравлических стендов и прессов.

Съемники действуют по принципу захвата снимаемой детали или упора в нее (рис. 3.2.3, 3.2.4). Применяемые при ремонте машин гидравлические стенды и прессы имеют ряд недостатков: недостаточное давление (10–20 МПа), высокая материал- и энергоемкость и др.

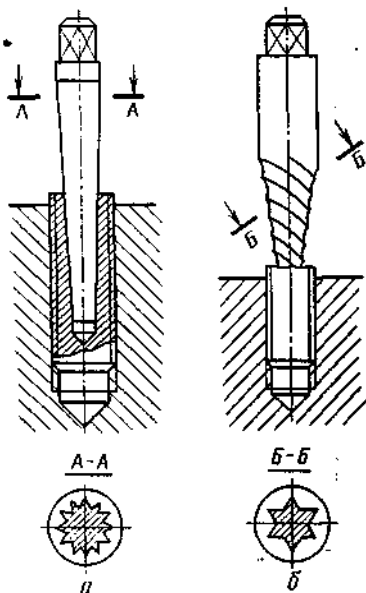


Рис. 3.2.2. Удаление сломанных шпилек при помощи:  
а – зубчатого бора;  
б – экстрактора

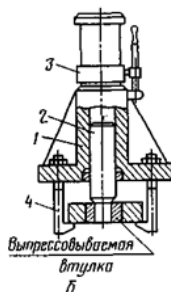
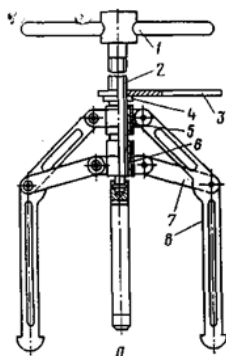


Рис. 3.2.3. Съемники: а – универсальный; 1, 3 – рукоятки; 2 – винт; 4 – втулка; 5, 6 – упорные гайки; 7 – тяги; 8 – лапы; б – гидравлический; 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – плунжерный насос; 4 – захват

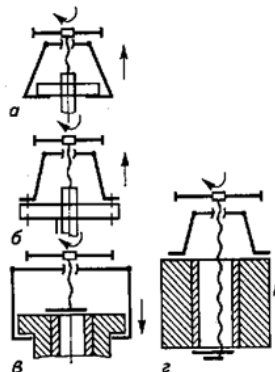


Рис. 3.2.4. Схема применения съемников: а – с лапками для захвата детали при выпрессовке; б – с лапками, закрепленными на детали для выпрессовки; в – для выталкивания детали; г – для вытаскивания детали

В настоящее время разработан комплект гидрофицированного инструмента высокого давления (до 80 МПа), состоящий из универсальной переносной гидравлической станции, наборов исполнительных механизмов (гидроцилиндров) широкого диапазона усилий (от 1 до 20 т) и набора рабочих органов (съемников, захватов и т. д.), рис.3.2.5, 3.2.6.

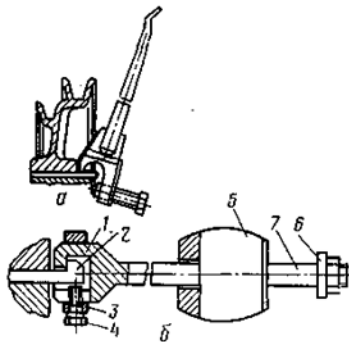


Рис. 3.2.5. Извлечение клиновых шпонок из пазов: а – рычажным приспособлением; б – специальным съемником; 1 – головка; 2 – шпонка; 3 – кольцо; 4 – болт; 5 – груз; 6 – упор; 7 – стержень

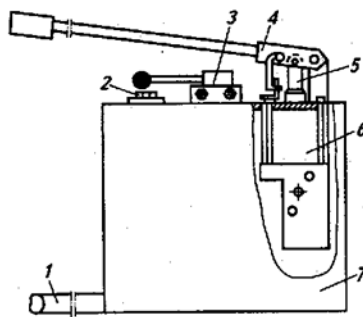


Рис. 3.2.6. Гидростанция высокого давления с ручным приводом: 1 – опора; 2 – заливной патрубок; 3 – кран управления; 5 – плунжер; 6 – насос высокого давления; 7 – масляный бак

Использование различных комбинаций рабочих органов гидрофицированного инструмента позволяет на 25–30 % увеличить производительность труда на разборочно-сборочных работах.

Съемники, прессы и другое оборудование подбирают по

усилию распрессовки с коэффициентом запаса 1,5–2,0. Усилие распрессовки обычно на 20–30 % больше усилия запрессовки.

Дефектация – это операция, выполняемая для оценки технического состояния детали с целью определения пригодности ее к дальнейшей работе или необходимости восстановления. При дефектации определяют искажение геометрической формы деталей, изменение их размеров, физико-механические свойства материала (изменение твердости поверхности, упругих и других свойств), усталостные и другие разрушения. В первую очередь проверяют дефекты, по которым деталь чаще всего выбраковывают, и она не пожелит восстановлению. При обнаружении такого дефекта остальные дефекты этой детали не проверяют.

При дефектации руководствуются техническими требованиями на ремонт каждого вида оборудования, в которых указаны краткая характеристика и возможные дефекты деталей, приведены размеры поверхностей по чертежу, допустимые размеры и другие параметры, а также применяемые средства контроля. При отсутствии технических требований руководствуются инструкциями по эксплуатации оборудования и другими документами.

Допустимыми называют размеры и другие параметры, которые имеют остаточный ресурс детали не меньше межремонтного ресурса агрегата, и деталь можно поставить на агрегат без восстановления, гарантируя при этом удовлетворительную работу

Для контроля геометрических параметров деталей применяют различные методы измерения и контрольно-измерительные средства. Используют абсолютный метод измерения, когда прибор показывает абсолютное значение измеряемого параметра (измерение диаметра вала микрометром), и относительный – определяют отклонение измеряемого параметра от установленного значения (измерение внутреннего диаметра гильзы цилиндров индикаторным нутромером). Если искомое значение параметра отсчитывают непосредственно по прибору, то это прямой метод измерения; если же его получают по результатам измерения другого параметра, связанного с искомым определенной зависимостью, то это косвенный метод. По числу измеряемых параметров различают дифференциальные и комплексные методы контроля. При первом измеряют значение каждого параметра в отдельности, при втором – суммарную погрешность нескольких параметров изделия (например, радиальный зазор подшипника, который зависит от износов беговых дорожек колец и тел качения).

При дефектации деталей технологического оборудования обычно используют универсальный измерительный инструмент и



## Название дисциплины

специальные приборы. При выборе средства измерения необходимо учитывать его метрологические характеристики (цена и интервал деления шкалы, погрешность и пределы измерения и др.), а также допустимую погрешность измерения, которая связана с точностью (допуском) изготовления измеряемого элемента детали.

При дефектации корпусных деталей, емкостей и других сложных деталей определяют их герметичность, наличие трещин и других невидимых дефектов. Для этого используют следующие методы: отстукивания, гидравлический, пневматический, капиллярный, магнитный и др.

Гидравлический и пневматический методы применяют для контроля герметичности полых деталей. При этом в полость нагнетают, например, воду под давлением 0,3–0,5 МПа и выдерживают 3–5 мин. Течь воды и падение давления указывают на наличие трещин и других повреждений.

Из капиллярных наиболее прост цветной способ: очищенную деталь смачивают в течение 10–30 мин керосином и вытирают досуха. Затем на поверхность наносят тонкий слой мела. После высыхания меловой обмазки керосин, выходя из трещины (капилляра), смачивает и окрашивает обмазку, показывая дефект.

При магнитном способе деталь намагничивают дефектоскопом и посыпают мелким железным порошком. В месте расположения трещины порошок скапливается, и по нему определяют ее границы.

Проверка твердости изношенных поверхностей. Позволяет определить изменения, происшедшие с материалом в процессе эксплуатации. В большинстве случаев твердость измеряют вдавливанием в исследуемую поверхность стального шарика или алмазного конуса. В зависимости от прибора, на котором измеряют твердость, различают твердость по Бринеллю (обозначается HRB) и твердость по Роквеллу (обозначается HRC).

Дефектация деталей позволяет решать еще одну важную задачу – сбор информации о видах и возможных причинах выхода из строя деталей. Эти данные интересны прежде всего конструкторам-проектировщикам машин, технологам и ремонтникам.

Для технологического оборудования предприятий по хранению и переработке зерна характерны различные виды накапливающихся дефектов деталей и узлов, а именно:

– изнашивание – процесс разрушения рабочих поверхностей деталей, происходящих при трении в сочетании с другими видами воздействий;

– усталостные разрушения – процесс возникновения и развития повреждений в материале под влиянием переменных во времени напряжений;

– старение – процесс изменения свойств деталей, вызываемый физико-химическими процессами.

Для технологического оборудования предприятий по хранению и переработке зерна основное изнашивание – это абразивное, при котором на трущихся поверхностях постоянно обнаруживаются абразивные частицы. Такие частицы попадают на поверхность контакта различными путями: они могут являться продуктами изнашивания данной пары, вноситься извне при неэффективном действии уплотнительных устройств или загрязненности применяемых смазочных материалов.

Зерновые продукты подвергают абразивному изнашиванию рабочие органы машин, особенно измельчающих и шлушильно-шлифовальных.

Отказы технологического оборудования обуславливают не только необратимые изменения, накапливающиеся при изнашивании подвижных сопряжений и рабочих органов, но и дефекты сборки при ремонтных работах, мгновенные или продолжительные эксплуатационные перегрузки (особенно при начинающихся «завалах»).

Нередко к отказам приводят и причины, обусловленные динамически ненормальным режимом оборудования. Следствием такого положения является: нарушение посадки и сочленения сопряженных деталей; искажение пространственного координирования деталей и узлов; ненормальность зацепления зубчатых, червячных и цепных передач; понижение чувствительности регулирующих устройств из-за нарастающего снижения жесткости амортизационно-возвратных пружин (например, в установочном механизме вальцового станка).

Наиболее часто обнаруживаются повреждения резьбовых соединений, валов, подшипников, зубчатых, цепных и ременных передач, нарушения герметичности разъемных и неразъемных соединений.

Надежность резьбовых соединений достигается прежде всего достаточной предварительной затяжкой. Важно обеспечить и нераскрытие стыков деталей в процессе их эксплуатации, что зависит от величины площади и качества обработки поверхности стыков, упругости прокладок, эффективности применяемого способа стопорения резьбы.

Значительно снижает прочность болтов эксцентричное

нагружение из-за непараллельности сопрягаемых опорных поверхностей. При этом в болтах наряду с напряжениями растяжения, возникают напряжения изгиба, приводящие к заеданию резьбы.

При выполнении соединений посредством группы болтов достаточно жесткие поверхности стыка не должны деформироваться при всех фазах напряжения; стыкуемые поверхности должны иметь минимум две оси симметрии, а относительно их равнозатягиваемые болты следует располагать строго симметрично.

Характерны такие повреждения гладких, ступенчатых, сплошных и полых валов: искривление и скручивание валов с недостаточной усталостной прочностью и жесткостью; нарушение формы и состояния шеек и цапф, сопрягаемых с подшипниками, зубчатыми колесами, звездочками и шкивами.

Остаточные искривления валов возникают в результате неудовлетворительной центровки подшипниковых узлов, смещения балансиров в уравнивающих механизмах, компенсирующих грузах в плоскостях направления (при механическом их закреплении), нарушения технологии ремонтно-восстановительных и сборочных работ.

Повреждение цапф, сопрягаемых с подшипниками качения, могут вызвать: посадка подшипника на вал или в корпус с перекосом; наличие зазора между циркуляционно нагруженным кольцом и сопряженным валом, в результате чего кольцо, обкатываясь по посадочному месту, изнашивает его; многократное выполнение разъединительно-сборочных работ без соответствующих приспособлений; недостаточные смазка и герметизация подшипникового узла.

Наблюдается и такое явление, когда вместо подвижного создается неподвижное соединение с посадочной поверхностью местнонагруженных колец подшипников. При этом исключается возможность медленного проворачивания колец под действием толчков и вибраций, и, следовательно, в работе участвует ограниченный участок беговой дорожки кольца. Все это снижает срок службы подшипника. В таких условиях возможно и осевое заклинивание тел качения между кольцами подшипника при температурных удлинениях вала.

Волнистость дорожек и тел качения приводит к модуляции синусоидальных колебаний, вызванных радиальным биением, а следовательно, обуславливает определенный уровень высокочастотного шума.

Перегрев подшипников качения вызывают: загрязненность смазки абразивными частицами; избыток смазки в корпусе; повышенный износ подшипника, раковины, трещины и сколы на кольцах, шариках и роликах, повреждение сепаратора; чрезмерное трение уплотняющего кольца о вал; повышенная нагрузка на подшипник из-за плохой прицентровки электродвигателя, неравномерного изнашивания пальцев эластичной муфты, чрезмерного натяжения гибкой передачи или неправильного ее сращивания, приводящего к периодическим толчкам и ударам.

Перегрев подшипника вызывают и дефекты его установки: отсутствие в одном из подшипников осевого зазора, необходимого для свободного температурного удлинения вала; тугая посадка внешнего кольца в корпус; ненапряженная посадка внутреннего кольца на вал, характерный признак которой – появление коррозионных пятен на посадочном месте.

Для получения необходимого осевого зазора следует установить прокладку между крышкой подшипника качения и его корпусом или проточить буртик крышки. При слишком тугой посадке внешнего кольца можно слегка расшабрить посадочное отверстие в корпусе подшипника.

Перегрев подшипника часто сопровождается ненормальным шумом (свистящий шум, скрежет, периодические стуки) и вытеканием смазки. Причинами вытекания смазки могут также быть износ уплотнений подшипника, несоответствие выбранной смазки условиям нагружения.

Пазы для клиновых и призматических шпонок (в вальцах, в валах роторов обочных, моечных, вымольных и других машин) повреждаются в результате неправильной сборки напряженных и ненапряженных соединений, а именно: применения шпонок из материала более твердого, чем материал вала; извлечения шпонок посредством стальных молотков, выколоток, зубил вместо специальных приспособлений; постепенного перемещения призматической шпонки в осевом направлении из-за неудовлетворительного крепления ее к валу. Ускоренный износ посадочных мест и смятие шлицев возможны из-за аварийных перегрузок.

Резьбы на поверхности валов могут иметь дефекты в виде деформированных участков или местных забоин. Такое положение чаще всего является следствием загрязнения контактных поверхностей или чрезмерной затяжки соединений.

Повреждение зубчатых передач возникает в результате перекоса сопрягаемых валов, попадания в зацепления посторонних

предметов, интенсивного износа загрязненных, недостаточно смазываемых элементов зацеплений, выкрашивания или усталостного разрушения контактирующих поверхностей зубьев, длительно работающих с перегрузкой или с нарушенными боковыми и радиальными зазорами. Причинами поломок зубчатых передач являются также недостаточная жесткость валов, торцовое и радиальное биение, осевые смещения и перекосы шестерен, вызванные неправильной их фиксацией.

Упругие перемещения валов в зубчатом зацеплении могут вызвать и значительные концентрации напряжений по длине зубьев, приводящие к их выламыванию. В результате поврежденный зубчатых передач появляется повышенный шум, толчки и удары, приводящие к сотрясениям и вибрации рабочих органов машин, к нарушению нормальности действия элементов зацепления.

Между динамикой зубчатой передачи и интенсивностью создаваемого ею шума имеется непосредственная связь: механические и акустические колебания от общего источника (зубчатого зацепления) в значительном диапазоне имеют одинаковые частоты. Поэтому должна быть повышена точность изготовления колес, их сборки и балансировки. Немаловажен тщательный выбор и нормальная подача смазочных материалов к поверхностям скольжения зубьев. Это снижает шум, возникающий в результате упругих деформаций и тангенциальной силы трения.

Интенсивному износу подвержены тормозные зубчатые передачи в вальцовых станках, через которые при кинематическом и силовом замыкании вальцовой пары циркулируют значительные мощности.

Переменные напряжения в связи с нередко наблюдающейся нестабильностью загрузочного режима станка являются причиной усталостного, разрушения зубьев и выкрашивания их поверхности из-за повышенных контактных напряжений. Выламывание углов зубьев связано как с концентрацией нагрузок из-за перекоса и раздвигания колес, так и с ударными воздействиями при быстро увеличивающихся боковых зазорах в зацеплении.

Повреждение цепных и ременных передач обусловлено главным образом износом их элементов. Однако поломки могут быть вызваны деформированием и перекосом сопрягаемых валов, смещениями кинематически связанных деталей, попаданием посторонних предметов, неправильными приемами демонтажа и сборки, отсутствием или неудовлетворительным действием натяжных устройств. Износ их могут вызвать загрязнения, недо-

## Название дисциплины

статочность смазки для цепных и применение липких смолянистых смазок для ременных передач; к этому же приводят самопроизвольные изменения межцентровых расстояний и перегрузки передач. Долговечность гибких передач существенно повышают предварительная вытяжка, нормальное соединение ремней и правильность комплектования многоручьевых клиноременных передач. Нередко контакт гибкой передачи с конструктивными элементами ограждения приводит к износу или разрыву передачи. К такому же результату приводит старение ремней, особенно плоских прорезиненных в местах вулканизированного соединения.

При эксплуатации технологического оборудования важна герметичность внутренних пространств машин. Для этого все неподвижные и неразъемные соединения герметизируют специальными замазками и шпаклевкой. Наиболее часты нарушения герметичности в местах расположения смотровых лючков и откидных крыш из-за повреждения прокладок и уплотнений, а также в результате загрязнений кромок отверстий, препятствующих их плотному прикрытию. Иногда герметичность машины нарушается из-за повышенных вибраций кожухов, вызванных неуравновешенностью колеблющихся масс, расшатыванием креплений, самотвинчиванием резьбовых соединений.

Снижение герметичности машин вызывает не только пылевыделение в окружающую среду (обоечные машины, зерноочистительные сепараторы, триеры), но и отрицательно влияет на эффективность работы оборудования; особенно это относится к машинам, в которых воздух является рабочим агентом (воздушные сепараторы, ситовые машины, рассевы), поскольку снижается сепарирующее действие, клейстеризуются мучнистые продукты на рабочих поверхностях, сокращается отвод теплого и влажного воздуха.

Повреждения и аварийные ситуации могут вызвать: попадание прочных предметов в рабочие зоны машин, неудовлетворительная работа магнитных сепараторов перед шелушительными и измельчающими машинами, несоответствие жесткости амортизационных пружин в вальцовом станке условиям динамического нагружения вальцов.

В гидравлических системах вальцовых станков, шлифовально-рифельных станков возникают: течи через соединения и уплотнения вследствие низкого качества их изготовления, сборки или значительных вибраций; разрывы маслопроводов из-за вибрационных смещений и пульсаций давлений; заедание и заклинивание подвижных элементов в распределительных и клапанных

## Название дисциплины

устройствах в результате загрязнения рабочей жидкости, температурных деформаций и вибраций.

Отрицательное влияние дефектов монтажа и ремонта на распределение динамических нагрузок может быть устранено при нормальном монтаже самоустанавливающихся (например, рассевы) и демфирующих (муфты с упругими элементами) систем. Для исключения аварийных ситуаций в результате случайных эксплуатационных перегрузок следует обеспечивать нормальное действие предохранительных устройств в виде «слабых» звеньев.

В результате предремонтной диагностики определяют дефектные узлы, характер и причины неисправности и вносят коррективы в дефектную ведомость (рис. 3.2.7). После такого анализа в ней в графе "Характер и объём по устранению" можно точно написать причину и восстановительные мероприятия при ремонте, уточнить расходы и стоимость ремонта.

Ведомость дефектов № \_\_\_\_\_  
 составлена «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
 Наименование и номер машины \_\_\_\_\_  
 Завод- изготовитель \_\_\_\_\_  
 Вид ремонта \_\_\_\_\_

№№ п/п	Наименование сборочных единиц и деталей	Обозначение детали по чертежу	Материал детали	Число деталей на машину	В том числе		Характер и объём ремонтных работ	Отметка о выполнении
					Требуемых ремонта	Подлежащих замене		

Ведомость составили: зам. начальника цеха  
 по ремонту \_\_\_\_\_  
 (фамилия)  
 начальник цеха \_\_\_\_\_  
 (фамилия)

Рис. 3.2.7. Ведомость дефектов

Если ведомость дефектов составляет подрядная организация, в этом случае необходима дополнительная подпись представителя подрядчика. Ведомость дефектов утверждает главный инженер или его заместитель.

### 3.2.3. Очистка и мойка деталей

В процессе эксплуатации оборудования зерноперерабатывающих предприятий на их поверхностях откладываются загрязнения, различающиеся составом, свойствами, прочностью сцепления с поверхностью деталей. Эти загрязнения могут быть причиной нарушения технологии переработки продукции и санитарно-гигиенических норм эксплуатации.

Наличие загрязнений на поверхностях деталей препятствует проведению контрольных и регулировочных работ, обнаружению дефектов, вызывает коррозию металла, снижает производительность труда при выполнении операций и общую культуру эксплуатации и ремонта оборудования. Поэтому очистка оборудования и его составных частей является важнейшей и необходимой технологической операцией при межремонтном обслуживании, профилактическом осмотре и ремонте.

Объектами очистки при эксплуатации и ремонте служат оборудование в сборе, его агрегаты, узлы и детали, тара. С точки зрения очистки объекты характеризуются:

- видом загрязнений очищаемых поверхностей;
- конфигурацией очищаемых поверхностей;
- массой и габаритами;
- свойствами материалов, из которых они изготовлены;
- шероховатостью поверхностей;
- требованиями к качеству очистки.

Сложность конфигурации поверхностей машин характеризуется наличием глубоких ниш, замкнутых и экранированных пространств, выемок, глубоких карманов, являющихся аккумуляторами загрязнений.

После разборки оборудования узлы и детали, уложенные в тару, образуют как бы новый объект, для которого также характерны экранирование одной детали другой, наличие замкнутых пространств, ниш, карманов и т. д.

При разработке процессов и выборе оборудования для очистки необходимо учитывать массу и габариты очищаемых объектов, которые могут быть соответственно от нескольких граммов до нескольких тонн и от нескольких миллиметров до нескольких



метров.

При очистке необходимо учитывать возможные изменения физико-механических свойств материалов, из которых изготовлены детали, под воздействием агрессивных свойств очищающих растворов, высокой температуры, знакопеременных или ударных нагрузок, вызывающих коррозию, коробление, изменение прочностных свойств или поломку обрабатываемых изделий.

Различная шероховатость поверхностей деталей, особенности их микрорельефа существенно влияют на накопление загрязнений и их связь с поверхностью и, следовательно, на качество очистки.

Сложность очистки обуславливается многообразием по своему составу и свойствам загрязнений, представляющих продукты как органических, так и неорганических соединений, различных по природе образования и условиям формирования. Все многообразие видов загрязнений машин условно можно подразделить: на масляногрязевые отложения; остатки трансмиссионных масел; асфальтосмолистые отложения; нагар; накипь; продукты коррозии и другие оксидные пленки; старые лакокрасочные покрытия; консервационные смазки; герметизирующие мастики, пасты и старые прокладки; технологические остатки перерабатываемых продуктов.

Требования к качеству очистки формируются исходя из вида последующих технологических операций при техобслуживании и ремонте, надежности ремонтируемой техники, а также требований к чистоте технологического оборудования для переработки и хранения зерна и продуктов его переработки.

В самом широком понимании очищающее действие заключается в удалении загрязнений с поверхностей. В результате этого действия получают очищенный объект и загрязненную очищающую среду (рис. 3.2.8). Важное условие высококачественной очистки – комплексное и синхронное воздействие на удаляемые загрязнения физико-химического и механического факторов.

Очистка поверхностей связана с затратой тепловой, механической и физико-химической энергии на разрушение загрязнений и на удаление загрязнений с поверхности.

Название дисциплины

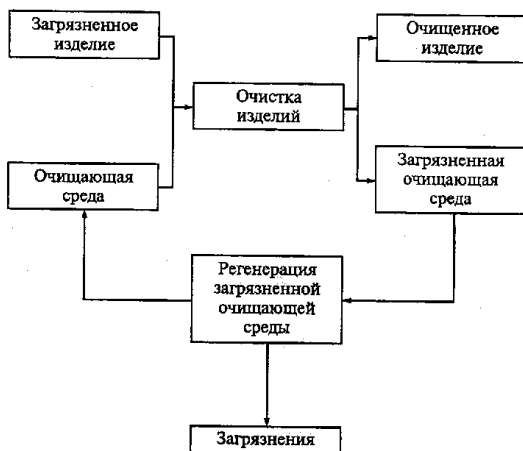


Рис. 3.2.8. Схема очистки загрязненных изделий

Тепловая энергия необходима для снижения когезионно-адгезионных связей удаляемых загрязнений. Так, вязкость асфальтосмолистых отложений при повышении температуры с 20 до 100 °С уменьшается в 100 раз и более. Однако нагрев только загрязнений при очистке невозможен, поэтому приходится затрачивать энергию и на нагрев очищаемого оборудования, агрегатов, узлов и деталей. Эти затраты еще более увеличиваются с учетом компенсации тепловых потерь, обусловленных условиями тепло- и массообмена (циркуляция раствора, тепловое излучение через стенки камер и баков моечных машин, вентиляция моечных машин и т. д.).

Механическая энергия необходима для деформации и разрушения загрязнений при очистке, а также их транспортирования из зоны очистки. Механическое воздействие на загрязненные поверхности может осуществляться различными приемами: подачей твердых частиц в воздушной или водяной струе, различными видами щеток, гидравлическими струями, потоками моющей жидкости и т. д.

Механическая очистка деталей должна быть обязательной принадлежностью моечных участков. Ее применяют для очистки поверхностей от продуктов коррозии, удаления пригоревших пищевых продуктов с оборудования и тары, удаления прокладок с поверхностей разъема, очистки деталей от нагара, накипи и прочих загрязнений.

Для очистки используют ручной и механический инструмент. Часто применяют механизированные металлические и ка-

## Название дисциплины

проновые щетки, иглофрезы. В качестве привода инструмента используют пневматические и электрические машины. Энергоемкость очистки щетками составляет около  $0,5 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{м}^2$ .

Пневмодинамическая очистка – процесс, при котором мелкие твердые частицы захватываются воздушной струей и направляются на очищаемую поверхность. Процесс характеризуется малыми удельными затратами энергии на очистку.

На ремонтных предприятиях нашли применение установки для очистки деталей косточковой крошкой и другими твердыми частицами, которые, вылетая из сопла со скоростью  $40 \text{ м/с}$  и более, легко разрушают твердые загрязнения (нагар, накипь и т. п.), не повреждая при этом поверхность деталей. Пневмодинамической очистке поддаются лишь поверхности, которые попадают в зону прямого воздействия струи. Внутренние полости, карманы и углубления сложной формы остаются неочищенными.

Устранения вредного для здоровья пылеобразования обеспечивает гидроабразивная очистка, при которой на загрязненную полость действует струя воды с абразивом. При этом основным энергоносителем является сжатый воздух, который увлекает смесь абразива с жидкостью и с большой скоростью выбрасывает ее на очищаемую поверхность.

Твердые частицы находятся в жидкости во взвешенном состоянии. Для приготовления смеси применяют кварцевый песок, оксид алюминия, карбид бора и другие частицы размером  $0,8\text{--}1,0 \text{ мм}$ .

Содержание твердых частиц в воде находится в соотношении от  $1:2$  до  $1:6$  (по объему).

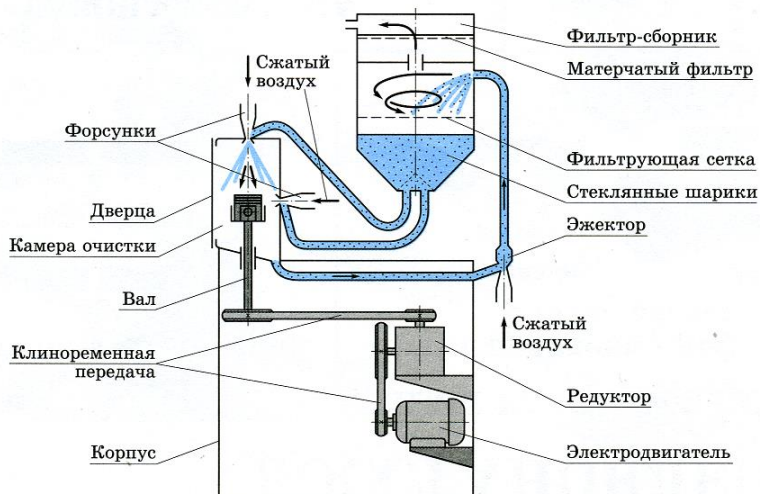
Очищать изделия от прочносвязанных загрязнений (нагара, пригоревших продуктов размола и т. п.) можно в галтовочных барабанах, вращающихся с постоянной скоростью.

При галтовке детали помещают во вращающиеся барабаны, в которых очищаемые поверхности подвергаются абразивному действию загружаемых в те же барабаны абразивных частиц (фарфоровой крошки, боя абразивных кругов и т. п.) и очищаются благодаря взаимному трению деталей между собой и абразивным наполнителем.

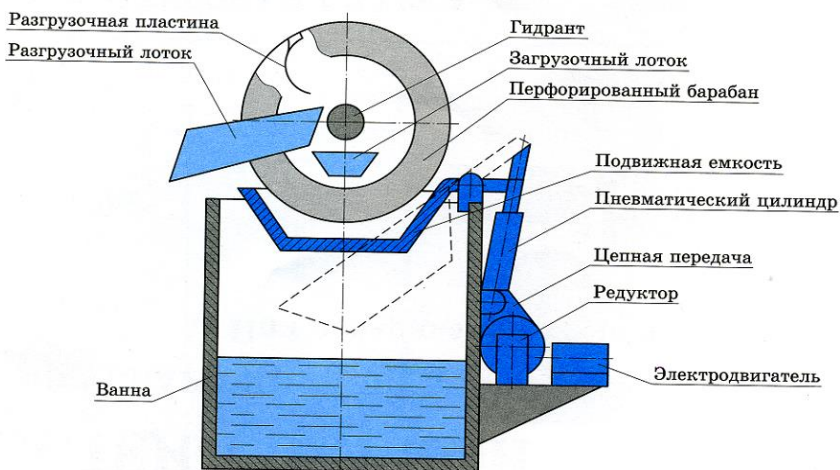
В случае мокрой галтовки в барабаны наряду с абразивными частицами добавляют органические растворители или водные растворы синтетических моющих средств. Чаще всего барабаны погружают в ванны с соответствующими моющими жидкостями, которые проникают в полость барабана через его перфорированную поверхность. Детали вместе с абразивным наполнителем за-

нимают обычно 70–80 % объема барабана.

В современной технологии ремонта машин находит применение виброабразивная очистка деталей от нагара, продуктов коррозии, накипи и других трудноудаляемых загрязнений (рис. 3.2.9).



а)



б)

Рис. 3.2.9. Установки для очистки деталей:  
а – от нагара и других твердых наложений;

### б – барабанная для мелких деталей

Виброабразивная очистка заключается в том, что загрязненные детали и абразивный наполнитель помещают в контейнер, которому сообщают колебательное движение, т. е. он вибрирует. Содержимое контейнера движется по сложной траектории. Процесс сопровождается последовательным нанесением микроударов частицами абразивного наполнителя по поверхности очищаемых деталей. Загрязнения при этом разрушаются и детали очищаются. Для удаления продуктов загрязнений и интенсификации очистки в контейнер подают моющую жидкость или сжатый воздух.

Опыт эксплуатации устройств для виброабразивной обработки деталей показывает высокую эффективность воздействия абразивного материала на поверхность обрабатываемых деталей. Удалять загрязнения следует без повреждения очищаемых изделий, сохраняя заданные размеры и шероховатость поверхности. С этой целью при разработке технологического процесса очистки выбирают соответствующее оборудование, абразивные наполнители, моющие жидкости, параметры вибрации (амплитуду и частоту колебаний).

Под воздействием вибраций заданной частоты (35–40 Гц) и амплитуды (до 2,5 мм) вся загрузка контейнера приобретает псевдосжиженное состояние. Абразивный наполнитель вследствие текучести заполняет полости и отверстия, чем и обеспечивается очистка сложных по форме деталей.

Виброабразивный способ очистки – один из перспективных, позволяет получать высокое качество очистки при относительно малых удельных затратах энергии.

Непременное условие качественной очистки во многих случаях – применение моющих средств, которые представляют собой своеобразный концентрат и источник физико-химической энергии, используемой при очистке.

Для очистки машин и оборудования и их деталей используют различные моющие средства, которые можно классифицировать на несколько групп: щелочные растворы, кислотные растворы, органические растворители, растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС), синтетические моющие средства (СМС). Наиболее эффективны СМС. Отечественной и зарубежной промышленностью выпускается большая номенклатура СМС.

В состав средств входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), силикаты, фосфаты, карбонаты и наполнители (сера, диактилфталат, соли треххлорциануровой кислоты), активизирующие

очистку и дезинфекцию. Они не токсичны, не горючи, пожаро- и взрывобезопасны, биологически разлагаемы, не оказывают вредного влияния на обслуживающий персонал и окружающую среду. В технологическом отношении обладают высокоэффективным моюще-очищающим действием, низким пенообразованием, не вызывают коррозию очищаемых поверхностей, хорошо растворяются в воде и не имеют резкого и устойчивого запаха.

Водными растворами синтетических моюще-дезинфицирующих средств можно очищать и дезинфицировать загрязненные поверхности из металла, стекла, резины, керамики, полимерных и других материалов. Входящие в состав СМС ПАВ адсорбируются на границе загрязнения – моющий раствор, что приводит к снижению свободной поверхностной энергии загрязнений и тем самым облегчает очистку. При использовании СМС загрязнения с поверхности удаляются эмульгированием жидкой фазы (образованием эмульсий) и диспергированием твердой фазы (образованием дисперсий).

Эмульгирование жидкой фазы загрязнений происходит в водных растворах ПАВ, которые создают на поверхности капель масла прочные адсорбционные слои. За счет этого образуется эмульсия – система несмешивающихся жидкостей, одна из которых распределена в виде мелких капель в другой.

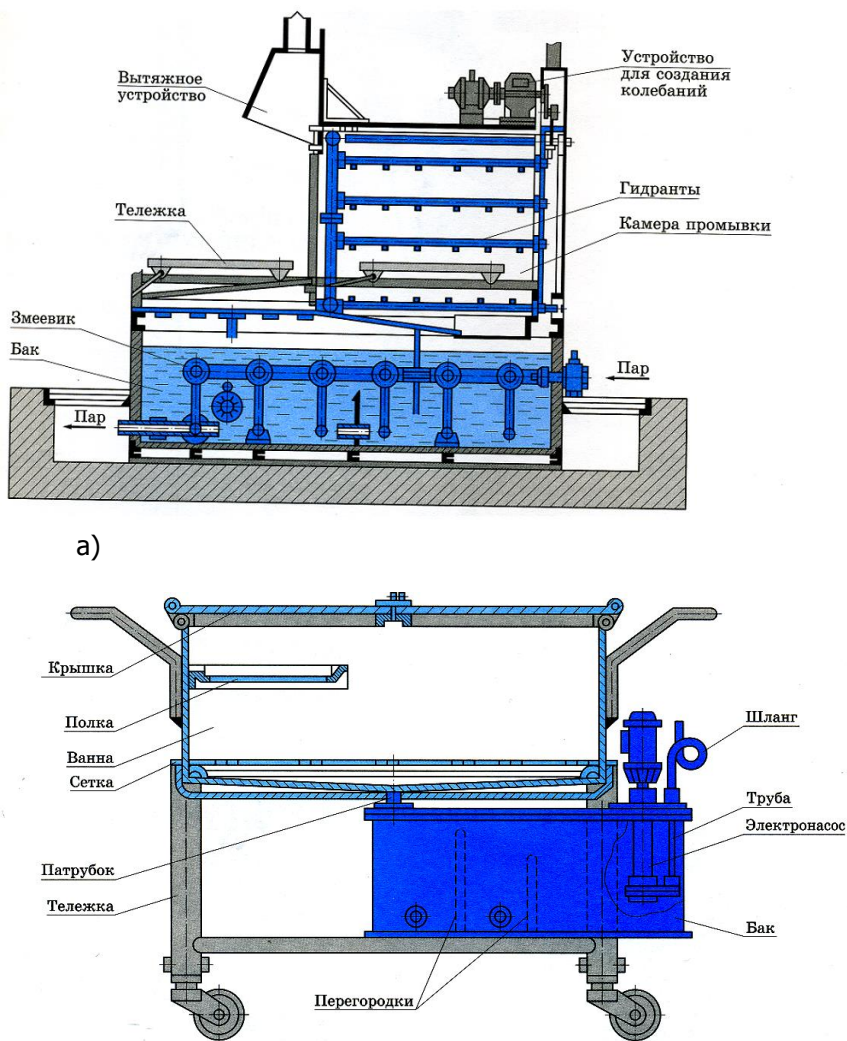
Диспергирование твердой фазы загрязнений происходит за счет адсорбции ПАВ на частицах загрязнений. Малое поверхностное натяжение моющего раствора обеспечивает его проникновение в мельчайшие трещины частиц загрязнения и позволяет адсорбироваться ПАВам на поверхностях этих частиц. При этом создается расклинивающее давление на частицы и их разрушение и измельчение.

Важное свойство моющих растворов – стабилизация в растворе отмытых загрязнений и предупреждение их повторного осаждения на очищенную поверхность. Молекулы моющего средства обволакивают загрязнения и очищенную поверхность, препятствуя укрупнению частиц загрязнений и оседанию их на уже очищенную поверхность. Это свойство оказывает положительное влияние на этапе очистки изделий. Однако образующиеся при этом устойчивые эмульсии и дисперсии на этапе регенерации загрязненной очищающей среды серьезно усложняют и удорожают выделение накопившихся загрязнений из очищающей среды. Это следует учитывать и не злоупотреблять применением эффективных моющих средств.

Для очистки изделий используют широкую номенклатуру

Название дисциплины

моечного оборудования. По принципу действия моечные машины разделяют на струйные, погружные, циркуляционные, комбинированные и др. (рис. 3.2.10).



а)  
 б)  
 Рис. 3.2.10. Установки для мойки деталей: а – передвижная; б – стационарная с гидрантами и колебательной системой

В струйных моечных машинах физико-химический фактор

воздействия водных растворов моющих средств дополняется механическими воздействиями (ударами) струи на удаляемые загрязнения, что разрушает и размывает последние за счет возникших при ударе нормальных и касательных напряжений. Для формирования струй используют различные насадки, а для создания давления – центробежные, плунжерные и другие насосы.

Струйные моечные машины по конструктивным признакам подразделяют на струйно-мониторные, струйные камерные, струйные конвейерные.

Струйно-мониторные моечные машины используют для наружной очистки машин, оборудования и производственных помещений.

В последние годы развитие струйно-мониторных машин шло по пути повышения давления истечения струи до 10–20 МПа, оснащения установок различными насадками, нагревателями для воды, устройствами, позволяющими применять моющие и дезинфицирующие средства и добавлять в струю твердые частицы.

Преимущество этих машин – мобильность, универсальность, небольшой расход воды и электроэнергии на очистку.

Струйные камерные и конвейерные моечные машины используют для наружной очистки полнокомплектных машин (камерные) и для очистки узлов и деталей (камерные и конвейерные).

Струйные камерные моечные машины состоят из следующих основных конструктивных элементов: моечной камеры, системы гидрантов с соплами для формирования струй, нагнетательного насоса, ванны для приготовления, хранения и нагрева моющего раствора.

Струйные конвейерные моечные машины имеют те же конструктивные элементы, что и струйные камерные, а детали в зону очистки и из нее транспортируют подвесным или напольным конвейером.

Применяют также очистку погружением. Это обработка в ваннах с моющим раствором. Преимущество погружных моечных машин по сравнению со струйными – эффективное удаление масляных и асфальтосмолистых загрязнений за счет комплексного воздействия физико-химического фактора моющего действия растворов и механического воздействия потоков жидкости на загрязненную поверхность. При очистке погружением моющий раствор воздействует и очищает внутренние и другие поверхности деталей сложной формы, недоступные воздействию струй при струйной обработке. Наконец, при удалении указанных загрязнений



этот способ требует значительно меньше затрат энергии.

В существующих конструкциях погружных моечных машин создаются скоростные потоки жидкости у поверхности, движущиеся со скоростью 0,15–6 м/с. С увеличением скоростей потоков резко снижается продолжительность очистки поверхностей и повышается производительность.

В комбинированных моечных машинах сочетается применение нескольких способов очистки в одном агрегате: погружного и струйного, очистка в различных моющих жидкостях. В этих машинах удачно сочетаются достоинства погружных машин (малая энергоемкость, простота конструкции) и струйных моечных машин, которые выполняют в основном функции ополаскивания. Использование многосекционных ванн, объединенных транспортными системами, и автоматических линий позволяет обрабатывать изделия в требуемой последовательности.

Внутренние замкнутые системы, как правило, моют и дезинфицируют способом безразборной циркуляции растворов в автоматическом или ручном режиме.

Автоматизированная система безразборной очистки обычно работает по принципу вытеснения потока: остатки продукта вытесняются ополаскивающей водой, ополаскивающая вода – моющим раствором, моющий раствор – новой порцией ополаскивающей воды и т.д.

С целью увеличения срока использования очищающей среды, снижения расхода материалов и загрязнения окружающей среды очищающую среду в современных условиях необходимо регенерировать, а выделяющиеся при этом загрязнения перерабатывать, обезвреживать и утилизировать.

Регенерацию жидкой очищающей среды проводят с применением отстаивания, центрифугирования, флотации, коагуляции, ультрафильтрации и др. Для выполнения этих работ требуется соответствующее оборудование, существенные дополнительные затраты энергии и других ресурсов.

### **3.2.4. Комплектование, сборка и испытание отремонтированного оборудования**

Комплектование деталей. Это подготовительная операция перед сборкой. Она включает в себя сортирование деталей, их подбор для сборки соединений в соответствии с техническими требованиями; комплектование по номенклатуре и числу в соот-

ветствии с принадлежностью к агрегатам и узлам; раскладку в тару; доставку комплектов на место сборки.

Сортирование деталей предусматривает раскладку их по принадлежности к узлам и агрегатам. При этом часто детали сортируют по размерным группам, массе и другим показателям. При ремонте оборудования детали комплектуют штучным и селективным (групповым) подбором.

При ремонте технологического оборудования непосредственно на перерабатывающих предприятиях используют, как правило, штучный подбор, который заключается в том, что к одной детали с каким-то размером подбирают вторую деталь соединения, исходя из допустимого при их сборке зазора или натяга. Этот метод прост, но трудоемок.

Селективный (групповой) подбор применяют на специализированных ремонтных предприятиях. Сущность его в том, что соединяемые детали после их обработки и контроля предварительно сортируют на размерные группы, клеймят или помечают красками. При сборке соединений используют детали одной группы.

Число размерных групп зависит от конструктивного и монтажного допусков зазора:

$$n = \delta_{\text{к.з}} / \delta_{\text{м.з}}$$

где  $\delta_{\text{к.з}}$  – конструктивный зазор,  $\delta_{\text{к.з}} = \delta_{\text{к.з.max}} - \delta_{\text{к.з.min}}$ ;  $\delta_{\text{м.з}}$  – монтажный зазор,  $\delta_{\text{м.з}} = \delta_{\text{м.з.max}} - \delta_{\text{м.з.min}}$  – максимальный и минимальный конструктивные допуски зазора, мм;  $\delta_{\text{м.з.max}}$  и  $\delta_{\text{м.з.min}}$  – максимальный и минимальный монтажные допуски зазора, мм.

Допуск каждой группы равен конструктивному допуску, разделенному на число размерных групп. Размеры деталей для каждой группы определяют по верхним и нижним отклонениям.

Например, если диаметр отверстия в детали равен  $28_{-0,015}^{-0,005}$  мм, то конструктивный допуск равен  $0,015 - 0,005 = 0,01$  мм. Если число размерных групп  $n=2$ , то допуск размера каждой из них составит  $0,01:2=0,005$  мм.

Максимальные и минимальные монтажные зазоры для всех групп принимают одинаковыми в соответствии с техническими требованиями на сборку данного соединения.

При комплектовании некоторых деталей проводят пригоночные работы: припиловку, шабрение, притирку, зачистку заусенцев и др. Припиловка предназначена для устранения коробления плоскостей деталей, обеспечения заданного зазора в стыке

сопрягаемых деталей. Шабрением осуществляют точную взаимную подгонку деталей. Притиркой достигают необходимую герметичность соединений (клапаны, краны и др.).

Балансировка деталей и сборочных единиц. При вращении многих деталей и сборочных единиц (маховиков, шкивов, дисков, карданных валов, барабанов и т. д.) из-за наличия неуравновешенных масс возникают центробежные силы, а неуравновешенность деталей и узлов – из-за неточности их изготовления (даже в пределах допуска), неточности сборки (несносность и др.), неравномерного изнашивания поверхностей и т. д. Неуравновешенность очень вредна, так как в результате ее возникают вибрации, резко возрастают нагрузки на детали и машину в целом, что ускоряет изнашивание подшипниковых узлов и разрушение многих деталей.

Известно, что балансировка повышает надежность СЕ на 25 %. Поэтому уравнивание вращающихся деталей и сборочных единиц – один из важных резервов повышения надежности отремонтированных машин.

Различают статическую и динамическую неуравновешенность и соответственно статическую и динамическую балансировку.

Статическая балансировка. Статическая неуравновешенность обусловлена тем, что центр масс детали не лежит на оси ее вращения. При этом главная ось инерции детали параллельна оси ее вращения. В результате этого при вращении детали возникает не-уравновешенная центробежная сила инерции

$$F = mr\omega^2 = \frac{\delta r_y}{g} \left( \frac{\pi n}{30} \right)^2,$$

где  $m$  – неуравновешенная масса;  $r$  – расстояние до массы от оси вращения детали;  $\omega$  – угловая скорость вращения;  $\delta r_y$  – сила тяжести (вес) детали;  $r_y$  – эксцентриситет центра масс детали;  $g$  – ускорение свободного падения;  $n$  – частота вращения детали.

Из этой формулы видно, что неуравновешенность особенно опасна при большой частоте вращения, так как сила инерции пропорциональна ее квадрату.

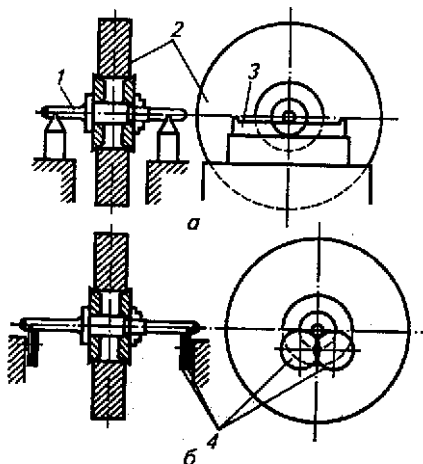


Рис. 3.2.11. Схемы статической балансировки: а – на призмах; б – на роликах; 1 – оправка; 2 – детали; 3 – призма; 4 – дисковые ролики

При статической балансировке опытным путем определяют массу, которую необходимо удалить с детали или прибавить к ней, чтобы центр масс детали располагался на оси ее вращения. Для этого деталь (например, маховик), смонтированную на точно обработанную и уравновешенную оправку, устанавливают на горизонтальные призмы или ролики с малым сопротивлением в опорах (рис. 3.2.11). Под действием неуравновешенной массы, создающей крутящий момент, деталь самопроизвольно повернется и установится так, что эта масса будет находиться в нижнем положении. Устраняют дисбаланс удалением металла с утяжеленной (нижней) стороны детали сверлением, фрезерованием, опиловкой или прикреплением корректирующего груза на противоположной стороне. Массу удаляемого металла или прикрепляемого груза определяют опытным путем, добиваясь, чтобы после поворота детали на любой угол она оставалась бы неподвижной (как бы в состоянии безразличного равновесия). Статическая балансировка на роликах точнее, чем на призмах.

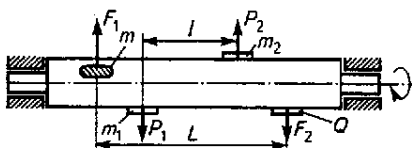


Рис. 3.2.12. Схема динамического уравнивания

## Название дисциплины

детали:  $m$  – неуравновешенная масса;  $Q$  – статически уравновешивающая масса;  $m_1$  и  $m_2$  – динамически уравновешивающие массы;  $F_1$  и  $F_2$  – центробежные силы;  $P_1$  и  $P_2$  – центробежные силы от уравновешивающих масс

Динамическая неуравновешенность возникает тогда, когда ось вращения детали не совпадает с ее главной осью инерции. При этом оси пересекаются или перекрещиваются.

Допустим, что при статической балансировке неуравновешенную массу  $m$  уравновесили массой  $Q$ . Поскольку положение плоскости, в которой расположена масса  $m$ , неизвестно, то и вводимая компенсирующая масса  $Q$  расположится в любом поперечном сечении детали на каком-то расстоянии от первой плоскости. При этом центр масс совпадает с осью вращения, деталь на призмах установится в любом положении. Но при вращении такой детали возникнут центробежные противоположно направленные силы  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 3.2.12), т. е. пара сил, образующая возмущающий момент

$$M = F_1 L = mr\omega^2 L$$

Этот момент стремится повернуть вал вокруг его центра масс на некоторый угол, но опора вала мешает этому, воспринимая дополнительную нагрузку, в результате чего возникают вибрации работающего агрегата.

Для динамической уравновешенности детали необходимо либо убрать возмущающий момент, либо создать равный противодействующий момент, прикрепив к детали в той же плоскости две массы  $m_1$  и  $m_2$  на равном расстоянии от оси вращения так, чтобы  $F_1 L = P_1 l$ , где  $l$  – расстояние между уравновешенными массами.

Динамическую балансировку деталей и сборочных единиц проводят на специальных стендах.

Возникает вопрос, для каких деталей достаточно статической балансировки, а для каких необходима динамическая? Ответ на него такой: статической балансировки достаточно для коротких деталей (шкивы, маховики, диски сцепления и т. д.), у которых длина меньше диаметра и не может быть большого плеча  $L$  пары сил, а значит, возмущающий момент практически равен нулю. В то же время вследствие большого диаметра (большое  $r$ ) статическая их неуравновешенность может быть большой. И наоборот, для деталей, имеющих большую длину, значительно превосходящую диаметр (коленчатые валы, барабаны и т. д.), первостепенное значение имеет динамическая неуравновешенность, и их обязательно под-

сировке. Динамическая неуравновешенность включает и статическую неуравновешенность, но не наоборот.

Обычно детали ответственных сборочных единиц динамически балансируют отдельно, а затем всю сборочную единицу балансируют в сборе. Нормы дисбаланса приведены в технических требованиях на ремонт машин.

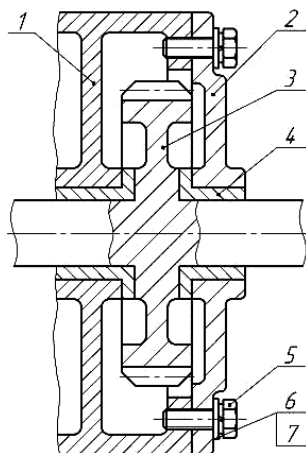


Рис. 3.2.13. Конструкция СЕ с осевой сборкой: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – вал-шестерня; 4 – подшипники скольжения; 5 – болт; 6, 7 – шайбы

Сборка. Последовательность сборки зависит от конструкции оборудования и выполняется в порядке, обратном разборке. При этом необходимо следить за тем, чтобы предшествующие операции не затрудняли выполнение последующих.

В пищевом машиностроении применяют три вида сборки: осевую, радиальную и смешанную.

При осевой сборке части СЕ соединяются в осевом направлении. В этом виде сборки плоскости стыка перпендикулярны продольной оси. На рис. 3.2.13 в качестве простейшего примера изображена конструкция СЕ с такой сборкой. Корпус и крышка корпуса, а также установленные в них подшипниковые втулки целые. Вал вводят в корпус в осевом направлении и фиксируют крышкой, центрированной относительно корпуса цилиндрическим буртиком.

Преимущества осевой сборки: конструкция корпусных деталей проста и позволяет делать их литыми; механическая обработка таких деталей весьма удобна. Обработываемые поверх-

ности открыты для обзора, доступны для подвода режущего инструмента и легко промеряются. Так как обработка производится по непрерывным цилиндрическим поверхностям, то при изготовлении деталей могут быть применены методы скоростной обработки; конструкции в целом присуща высокая жесткость; внутренние полости хорошо уплотняются.

Недостатки осевой сборки следующие:

- сборка агрегата сложна; проверка и регулировка осевых зазоров затруднительны, особенно потому, что на всех стадиях сборки, вплоть до заключительной, вал зафиксирован только в одном подшипнике; выдерживать правильные зазоры можно или с помощью специальных приспособлений, или повышением точности выполнения осевых размеров элементов конструкции;

- осмотр внутренних частей сложен; для того чтобы открыть какую-нибудь ступень, необходимо демонтировать все предыдущие.

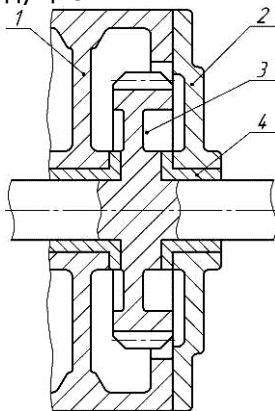


Рис.3.2.14. Конструкция СЕ с радиальной сборкой: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – вал-шестерня; 4 – подшипник

При радиальной сборке части СЕ соединяются в поперечном (радиальном) направлении. Плоскости стыка проходят через продольную ось (рис. 3.2.14). Корпус и втулки выполнены с разъемом по продольной оси. Вал укладывают в одну из половин корпуса и накрывают другой. Половины корпуса стягивают поперечными болтами и фиксируют одну относительно другой установочными штифтами.

Преимущества радиальной сборки:

- сборка и разборка удобны; при сборке вал укладывают в подшипники нижней половины корпуса;

- осмотр внутренних поверхностей удобен; пред-

ставляется полная возможность проверить и отрегулировать осевые зазоры;

– при снятой верхней половине корпуса обнажается "внутренность" агрегата и обеспечивается доступ ко всем установленным в корпусе деталям.

Недостатки данного вида сборки следующие:

– изготовление корпуса, представляющего собой две массивные отливки, затруднительно;

– механическая обработка корпусных деталей неудобна; внутренние плоскости обрабатывают или открытым способом – для каждой половины корпуса в отдельности с последующей подгонкой стыка, или закрытым – при половинках корпуса, собранных на контрольных штифтах по предварительно начисто обработанным поверхностям стыка; и тот, и другой способ требуют специальных инструментов, измерительных приспособлений, а также высокой квалификации исполнителей;

– трудность получения нужной жесткости; вследствие асимметрии сечений корпус имеет неодинаковую жесткость, меньшую в плоскости стыка и большую в перпендикулярном к нему направлении; ослабление конструкции продольным разъемом приходится компенсировать увеличением сечений стенок корпуса, конструкция поэтому получается тяжелой;

– плоскости корпуса нуждаются в тщательном уплотнении по фигурному плоскому стыку без нарушения цилиндричности внутренних обработанных поверхностей, что обычно достигается притиркой стыковых поверхностей и установкой их на герметизирующих составах.

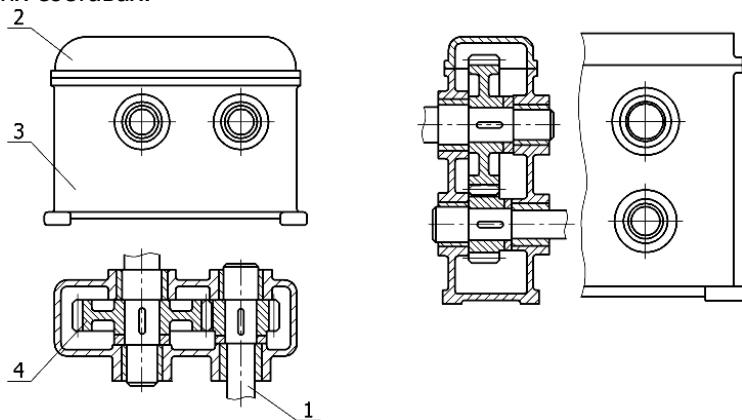


Рис. 3.2.15. Конструкция одноступенчатого редуктора со



смешанным видом сборки:

1 – валы зубчатых колес; 2 – крышка; 3 – корпус; 4 – зубчатые колеса

Смешанную сборку применяют для использования преимуществ и устранения недостатков осевой и радиальной сборок. Конструкция одноступенчатого редуктора с таким видом сборки показана на рис. 3.2.15. Корпус снабжен крышкой с плоскостью разъема, расположенной выше мест под подшипники. Поэтому конструкция получается жесткой, так как валы зубчатых колес опираются на стенки корпуса. Сборку ведут в следующем порядке: заводят в корпус зубчатые колеса (которые в данном случае должны быть насадными), просовывают валы через подшипник и через ступицы колес (валы должны быть ступенчатыми) и фиксируют колеса на валах. Конструкция получается относительно простая. Однако монтаж редуктора сложен.

Сравнивая недостатки и преимущества осевой и радиальной сборок, видим, что, осевую сборку целесообразно применять в тех случаях, когда для создания прочной и легкой конструкции можно пойти на некоторые эксплуатационные неудобства. Если масса конструкции не играет существенной роли и если можно допустить повышенную стоимость изготовления ради удобства сборки и эксплуатации, то применяют радиальную сборку.

Иногда система сборки однозначно задается устройством агрегата. Так, для стационарной роторной машины, устанавливаемой на фундаменте, система осевой сборки неприменима по эксплуатационным соображениям: для осмотра внутренних механизмов понадобилось бы снимать машину с фундамента. Здесь возможна только радиальная сборка или смешанная.

При сборке коленчатых валов многоцилиндровых поршневых двигателей применить осевую сборку практически невозможно из-за конфигурации вала и по условиям монтажа разъемных головок шатунов.

Существуют ограничения на этот вид сборки и в других классах машин (турбины, гребные валы и пр.).

Детали, поступающие на сборку, должны быть чистыми, не должны иметь коррозии, заусенцев, забоин, задиров и других дефектов. При их наличии поверхности исправляют. Трущиеся поверхности следует протереть и смазать маслом, каналы – продуть.

При сборке необходимо соблюдать и контролировать зазоры, натяги, люфты, соосности и другие параметры в соответствии с техническими требованиями на ремонт или инструкцией завода-изготовителя. Особенно важно следить за обеспечением герме-

тичности соединений трубопроводов, фланцев и т. д., не допускать подтекания воды, рабочих жидкостей, подсоса воздуха.

Резьбовые поверхности перед сборкой смазывают. Концы болтов и шпилек должны выступать из гаек не менее чем на один и не более чем на три шага резьбы. В случае крепления детали несколькими болтами гайки нужно затягивать в определенном порядке (рис.3.2.16) и постепенно, сначала наполовину затяжки, а затем окончательно и с одинаковой силой.

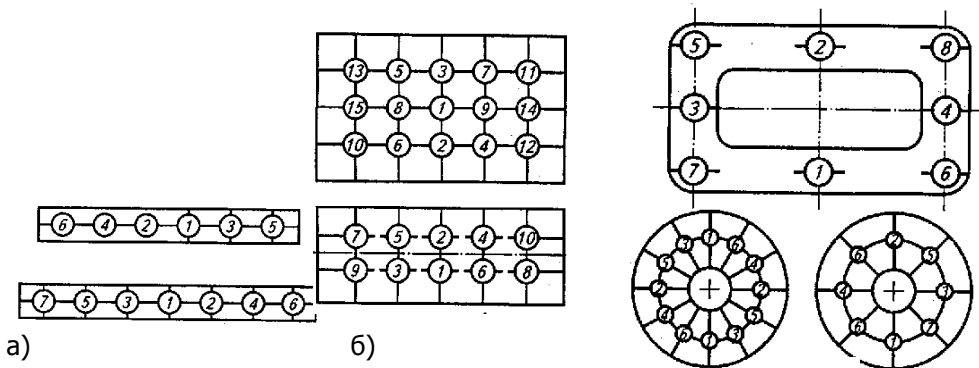


Рис. 3.2.16. Последовательность затяжки стыков:  
а – полосовых; б – прямоугольных; в – фланцевых

При завинчивании деталей с значительной твердостью поверхности момент затяжки можно уменьшить на 20 %, а при мягких деталях, а также при применении резиновых, пластмассовых и других упругих прокладок или уплотнений между деталями крутящий момент следует увеличить на 25–35 %. При креплении наиболее ответственных сборочных единиц необходимо строго соблюдать последовательность и момент затяжки, указанные в нормативно-технической документации.

С целью предотвращения самоотвинчивания резьбовые соединения стопорят контргайками, шплинтами, пружинными и специальными шайбами, герметиками и другими способами.

При сборке резьбовых соединений применяют те же инструменты, что и при разборке. Момент затяжки контролируют динамометрическим ключом.

Неразъемные соединения с гарантированным натягом по способу сборки условно разделяют на продольно-прессовые и поперечно-прессовые. Первые собирают запрессовкой охватываемой детали (вала) в охватывающую (втулку, ступицу и т. д.) или,

## Название дисциплины

наоборот, в продольном направлении. Вторые собирают путем нагревания охватывающей детали, охлаждения охватываемой или комбинированным способом (нагрев и охлаждение). Прочность соединения во втором случае значительно больше, чем при механической сборке.

Шпоночное соединение собирают так. Сначала призматическую или сегментную шпонку устанавливают легкими ударами медного молотка, а затем на вал насаживают охватывающую деталь (шкив, звездочку и т.д.). В собранном состоянии зазор между верхней гранью шпонки и основанием паза ступицы должен быть: при диаметре вала 25–90 мм – 0,3 мм, при 90–170 мм – 0,4 мм. При необходимости шпонки подгоняют по пазам соединяемых деталей припиливанием или шабрением.

При сборке соединения с клиновой шпонкой нужно следить за тем, чтобы она плотно прилегала ко дну паза вала и ступицы и имела зазоры по боковым стенкам. Уклоны на поверхности шпонки и в пазу ступицы должны совпадать. Для обеспечения этого часто приходится прибегать к ручной подгонке. Боковые зазоры зависят от размеров шпонки и колеблются в пределах 0,17–0,20 мм с каждой стороны при ширине шпонки до 30 мм и высоте до 16 мм.

При сборке шлицевых соединений поверхности шлицев осматривают, очищают и смазывают. Подвижные шлицевые соединения собирают вручную, неподвижные – при напрессовывании охватывающей детали на вал. Неподвижные шлицевые соединения после сборки проверяют на биение, а подвижные – на угловое смещение.

Сборку неразъемных подшипников скольжения выполняют запрессовкой втулки в корпус, стопорением ее от проворачивания (штифтами, винтами и др.) и подгонкой отверстия по валу. Перед запрессовкой втулки смазывают. После запрессовки внутренний диаметр втулки может уменьшиться. В этом случае ее обрабатывают разверткой. Соосность подшипников многоопорных валов обеспечивается при совместном развертывании втулок.

Перед установкой вкладышей разъемных подшипников скольжения проверяют правильность их прилегания к корпусу (постели) с помощью щупа (щуп толщиной 0,05 мм не должен входить между валом и подшипником в зазор) или на краску (пятно отпечатка должно быть не менее 80 % общей площади). Зазор между валом и подшипником должен соответствовать техническим требованиям (обычно он равен 0,0018–0,0025 диаметра вала). Зазор проверяют щупом или по свинцовому оттиску. Внут-

## Название дисциплины

реннюю поверхность подгоняют к валу шабрением по краске так, чтобы равномерно распределенные отпечатки краски занимали не менее 75–80 % общей поверхности вкладыша. Вал в подшипниках скольжения должен свободно проворачиваться вручную.

Перед монтажом подшипников качения их тщательно промывают дизтопливом и смазывают. Очищают и смазывают маслом также посадочные поверхности вала и корпуса. Для облегчения напрессовки подшипника его подогревают в масляной ванне до температуры 90 °С. Затем подшипник напрессовывают на вал и запрессовывают до упора в корпус.

При сборке подшипников очень важно обеспечить заданный натяг в соединении. Если подшипник смонтирован без натяга или с недостаточным натягом, то это приводит к проскальзыванию колец, вибрации и повышенному изнашиванию подшипника. Это часто имеет место при монтаже подшипников, бывших в эксплуатации. Недостаточный натяг в этом случае можно компенсировать нанесением компенсаторов, например, анаэробных герметиков. Герметики при сборке неподвижных соединений заполняют зазор в соединении, в том числе макро- и микронеровности.

При напрессовке на вал усилие следует прикладывать к внутреннему кольцу подшипника, а при запрессовке в гнездо – к наружному. Для напрессовки и запрессовки подшипника одновременно на вал и в корпус служат специальные оправки, которые одновременно опираются на оба кольца. При посадке необходимо следить, чтобы кольца подшипника были плотно без зазора доведены до торца буртиков. После сборки подшипник должен проворачиваться без шума и заедания.

Перед установкой соединительных муфт необходимо проверить соосность валов с помощью линейки и щупа, натянутой струны и другими методами. При монтаже жестких муфт биение концов валов не должно превышать 0,01–0,02 мм. Радиальное и торцевое биение смонтированных муфт не должно превышать 0,03–0,04 мм. Торцевое биение полумуфт фланцевых муфт не должно превышать 0,02–0,03 мм.

У пальцевых муфт проверяют прилегание пальцев к поверхности отверстий. Для этого одну половину муфты смещают по отношению к другой по ходу вращения и определяют число пальцев, участвующих в работе, и щупом проверяют их прилегание к поверхности отверстий. Зазор между соприкасающимися поверхностями у отдельных пальцев не должен превышать 0,4–0,6 мм.

При сборке зубчатых передач тщательно проверяют ради-

альное и торцовое биение зубчатых цилиндрических колес, межцентровое расстояние, боковой зазор между зубьями и прилегание (контакт) рабочих поверхностей зубьев, биение конуса выступов в конических передачах, отсутствие перекоса червяка и червячного колеса в червячных передачах.

Боковой зазор зубчатой передачи определяют щупом или прокатыванием между ними узкой свинцовой пластины. В последнем случае боковой зазор

$$C=C_1+C_2,$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – толщина свинцового оттиска соответственно с рабочей и нерабочей сторон зуба, мкм.

Боковой зазор в червячной передаче определяется наличием свободного хода. Зазор проверяют щупом с рабочей стороны зубьев при отжатом червячном колесе в четырех диаметрально противоположных положениях. Нормы бокового зазора приведены в технических требованиях на ремонт оборудования или в инструкции завода-изготовителя.

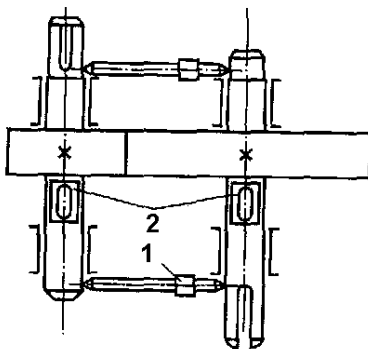


Рис. 3.2.17. Контроль параллельности валов: 1 – нутромер; 2 – уровни

Биение проверяют с помощью стойки с индикатором. Межцентровое расстояние, непараллельность и скрещивание осей зубчатых колес проверяют микрометрическим нутромером и уровнями (рис. 3.2.17) или индикаторными приспособлениями.

Окончательно качество сборки зубчатых и червячных передач проверяют по пятну контакта (касания) зубьев. Для этого на поверхность зубьев ведущего колеса наносят тонкий слой краски и проворачивают его несколько раз. По отпечаткам на зубьях ведомого колеса судят о качестве сборки передачи: чем равномернее и на большей площади они расположены, тем лучше собрана передача. Нормы на контакт и характер отпечатков приведены в технических требованиях на ремонт машин и оборудования.

## Название дисциплины

При сборке цепной передачи звездочки устанавливают на валы и закрепляют, надевают цепь и натягивают ее до необходимого значения. Звездочки проверяют с помощью индикатора на радиальное и торцевое биение, которые не должны превышать определенных значений (для втулочно-роликовых цепей), табл. 3.2.4.

Таблица 3.2.4

## Допустимое биение цепных передач

Диаметр звездочек, мм	До 100	100–200	200–300	300–400	Более 400
Допуск на биение, мм:					
радиальное	0,25	0,5	0,75	1	1,2
торцевое	0,3	0,5	0,8	1	1,5

Натяжение цепи проверяют по стреле ее провисания, которая для горизонтальных и наклонных (до  $45^\circ$ ) цепных передач должна быть не более 2% межцентрового расстояния, а для передач с наклоном более  $45^\circ$  и вертикальных – 0,2–0,3 % этого расстояния. Звездочки должны располагаться в одной плоскости, а их валы – параллельно.

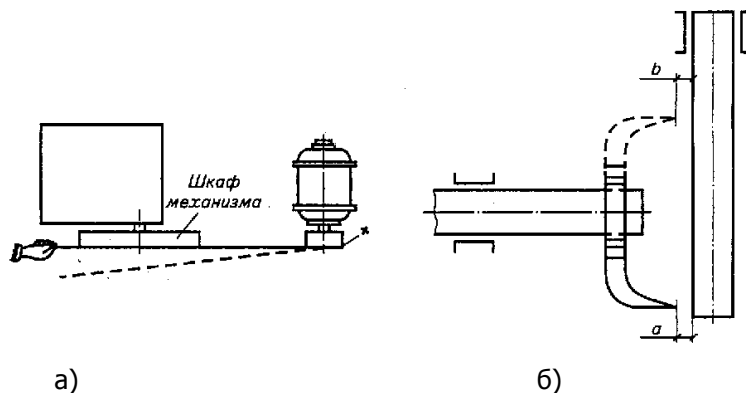
Собирая ременную передачу, необходимо обеспечить параллельность валов ведущего и ведомого шкивов и совпадение средних плоскостей обоих шкивов. Совпадение средних плоскостей шкивов проверяют по боковым поверхностям их ободов, прикладывая линейку или натягивая струну (при больших межцентровых расстояниях). Торцевое и радиальное биение шкивов не должны превышать определенных значений (табл. 3.2.5)

Таблица 3.2.5

## Допустимое биение цепных передач

Диаметр шкивов, мм	До 150	150–300	300–600	Более 600
Допуск на биение, мм:				
радиальное	0,10	0,15	0,25	0,40
торцевое	0,05	0,08	0,12	0,25

Параллельность валов можно проверить с помощью линейки или струны (рис. 3.2.18). Струна (нить) должна соприкасаться с торцами деталей без переломов. Перпендикулярность валов проверяют с помощью специального хомута, проворачиваемого вместе с валом (см.рис.3.2.18,б). Если при проворачивании вала зазор  $a$  равен зазору  $b$ , то валы перпендикулярны.



а)  
Рис.3.2.18. Проверка валов:  
а – проверка параллельности валов шнуром; б – проверка перпендикулярности валов

Обкатка и испытание оборудования. Цель обкатки – приработать поверхности трения с наименьшим износом их, что повышает долговечность оборудования. При нагружении непроработанных (необкатанных) машин и агрегатов, когда площадь взаимного контакта сопрягаемых деталей мала (не более 20–40 % расчетной), резко возрастает давление, повышается температура в зоне трения, что значительно усиливает изнашивание деталей и снижает их ресурс.

При обкатке на холостом режиме происходит постепенное сглаживание неровностей поверхностей деталей и значительное (многократное) увеличение площади их взаимного контакта. Поэтому обкатка машин и оборудования – это специальная технологическая операция, цель которой состоит в том, чтобы при определенных, специально установленных, минимальных во времени режимах подготовить машину или агрегат к восприятию эксплуатационных нагрузок.

Кроме того, при обкатке проверяют правильность сборки оборудования, герметичность соединений, регулировку зазоров и т. д., определяют шумность работы, температуру отдельных узлов и др. Выявленные недостатки устраняют. Отремонтированное оборудование проверяют после обкатки на холостом ходу, а затем под нагрузкой. При этом изменяют и скоростной режим. Режимы обкатки конкретных видов оборудования указаны в паспорте завода-изготовителя.

Сосуды, аппараты и трубопроводы после ремонта испытывают на прочность и герметичность. Вид (прочность, герметич-

ность), способ (гидравлический, пневматический) и продолжительность испытаний принимают в соответствии с технической документацией. При ее отсутствии или отсутствии в ней указаний давление во время испытания принимают в соответствии со СНиП «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы» (табл.3.2.6).

Таблица 3.2.6

**Условия испытания трубопроводов на прочность, МПа**

Материал трубопровода	Давление	
	Рабочее Р	При испытании
Сталь, футерованная пластмассой, эмалью и другими материалами	До 0,5 Более 0,5	1,5 Р, но не менее 0,2 1,25Р, но не менее 0,8
Пластмассы, стекло и другие материалы	По СНиП	1.25Р, но не менее 0,2
Цветные металлы и сплавы	То же	1,25Р, но не менее 0,1

Испытание пластмассовых трубопроводов на прочность и герметичность проводят не ранее чем через 24 ч после сварки и склеивания. При пневматическом испытании давление поднимают постепенно на следующих ступенях: при достижении 60%-го давления для трубопроводов, работающих при давлении до 0,2 МПа, и при достижении 30- и 60%-го давления для трубопроводов, эксплуатируемых при рабочем давлении более 0,2 МПа.

При гидравлическом или пневматическом испытании на прочность давление выдерживают в течение 5 мин, после чего его снижают до рабочего.

После обкатки и испытания оборудование принимает из ремонта специальная комиссия. Для каждого вида ремонта установлен испытательный срок работы машины под нагрузкой: после текущего ремонта – 8 ч, среднего – 16, капитального – 24 ч.

### 3.2.5. Окраска отремонтированного оборудования

На предприятиях зерноперерабатывающих производств одна из главных задач служб технической эксплуатации – эффективная защита оборудования и металлоконструкций от коррозии. Высокая влажность и температура, использование в технологических процессах химически активных сред, поверхностно-активные вещества, содержащиеся в самих пищевых продуктах, микроорганизмы и бактерии способствуют интенсивному развитию коррозии. Коррозия разрушает металл деталей и снижает их долговеч-



НОСТЬ.

Особенно большой ущерб коррозия наносит при повреждении поверхностей различных емкостей и трубопроводов. Продукты коррозии могут попадать в перерабатываемый материал, что снижает его качество.

На перерабатывающих предприятиях используют различные способы защиты оборудования от коррозии. Наиболее распространенный – нанесение на поверхность оборудования и металлоконструкций лакокрасочных покрытий.

*Лакокрасочные материалы* представляют собой многокомпонентные составы, которые при нанесении их тонким слоем (30–100 мкм) на поверхность изделия образуют лакокрасочное покрытие, защищающее его от коррозии и придающее ему красивый внешний вид (рис. 3.2.19).

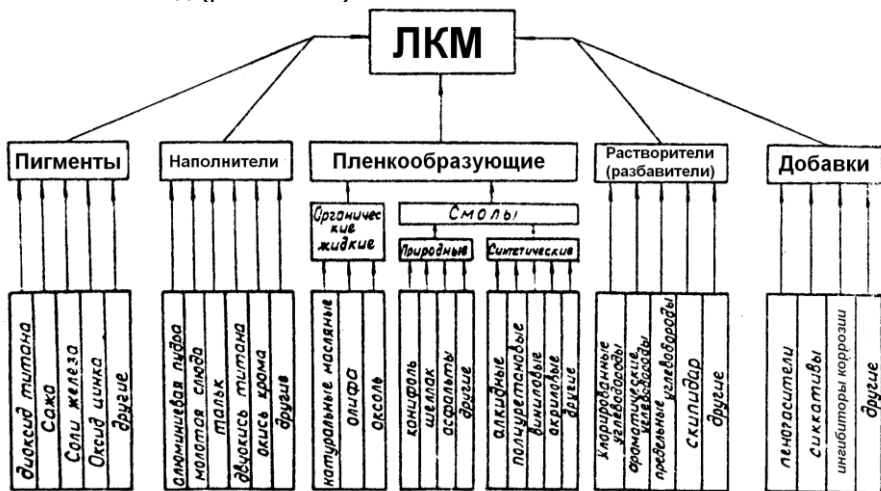


Рис. 3.2.19. Классификация лакокрасочных материалов (ЛКМ)

Пигменты – тонкоизмельченные цветные неорганические вещества, нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и способные создавать с пленкообразующими веществами лакокрасочные покрытия. Их вводят в лакокрасочные материалы для придания им определенного цвета, повышения прочности и адгезии лакокрасочного покрытия.

По происхождению пигменты подразделяют на природные синтетические и металлические. Первые (охра, железный сурик и

## Название дисциплины

др.) получают измельчением, обогащением и термической обработкой горных пород и минералов. Вторые (свинцовые белила, цинковые белила, зелень свинцовая, кобальт синий, свинцовый сурик, оксид хрома и др.) образуются в результате сложных термотехнологических процессов. Третьи (золотистая бронза, алюминиевая пудра, цинковая пудра, медный порошок и др.) представляют собой тонкоизмельченные порошки цветных металлов и их сплавов.

Наполнители – порошкообразные неорганические вещества (мел, баритовый концентрат, каолин, белила и др.), нерастворимые в воде, растворителях и пленкообразующих веществах и добавляемые в лакокрасочные материалы для увеличения прочности и удешевления стоимости покрытий.

Пленкообразующие вещества способствуют склеиванию частиц пигментов и наполнителей и созданию тонкой пленки, прочно удерживающейся на поверхности изделия. К ним относят олифы, природные и синтетические смолы, битумы, асфальтены и эфиры.

Растворители – жидкости, применяемые для разведения лакокрасочных материалов до состояния, пригодного для нанесения на поверхность изделия. К ним относятся уайт-спирит, сольвент, бензол, толуол, ксилол, ацетон, спирт, бензин, а также многокомпонентные растворители.

Пластификаторы – вещества, вводимые в лакокрасочные материалы для повышения эластичности покрытий. Для пластификации пленкообразующих веществ, приготовленных на синтетических смолах, используют дибуталфталат, диметилфталат и диэтилфталат.

Сиккативы – вещества, ускоряющие процесс высыхания лакокрасочного покрытия.

Разбавители – вещества, применяемые для разжижения лакокрасочных материалов, загустевших в период хранения, а также для их доведения до необходимой вязкости.

К основным видам готовых лакокрасочных материалов относятся лак, краска, порошковая краска, эмаль, грунтовка, шпатлевка и полуфабрикатный лак (рис. 3.2.20).

Название дисциплины

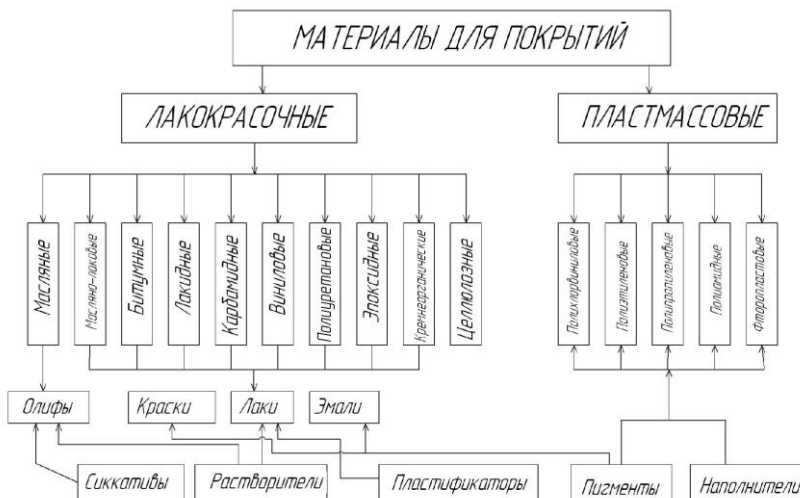


Рис. 3.2.20. Классификация материалов для покрытий

Лак – раствор пленкообразующих веществ в органических растворителях или в воде, образующий после высыхания твердую прозрачную однородную пленку (за исключением битумных лаков, которые образуют непрозрачную пленку).

Краска – суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в олифе, масле, эмульсии, латексе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку.

Порошковая краска – сухая композиция пленкообразующего вещества с пигментами и наполнителями, образующая после плавления, охлаждения и отверждения твердую непрозрачную пленку.

Эмаль – суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в лаке, образующая после высыхания непрозрачную твердую пленку с различным блеском и фактурой поверхности.

Грунтовка – суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в пленкообразующем веществе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку с хорошей адгезией к поверхности изделия и верхним слоям лакокрасочного покрытия и предназначенная для повышения его защитных свойств.

Шпатлевка – суспензия смеси пигментов с наполнителями в пленкообразующем веществе, используемая для заполнения неровностей и сглаживания окрашиваемой поверхности.

## Название дисциплины

По назначению (применительно к условиям эксплуатации покрытий) основные лакокрасочные материалы (лаки, эмали, краски) делят на следующие группы: 1 – атмосферостойкие, 2 – ограничено атмосферостойкие, 3 – консервационные, 4 – водостойкие, 5 – специальные, 6 – маслобензостойкие, 7 – химически стойкие, 8 – термостойкие, 9 – электроизоляционные и электропроводные.

При обозначении основного лакокрасочного материала указывают: вид материала (лак, краска, эмаль, грунтовка, шпатлевка), пленкообразующее вещество (МА, ПФ, ГФ, НЦ и т. д.); номер группы преимущественного назначения, присвоенный материалу порядковый номер, цвет и др. Например, эмаль ПФ-133 – пентафталева (ПФ) эмаль, атмосферостойкая (1), регистрационный номер 33; грунтовка ГФ-021 – глифталевая (ГФ) грунтовка (0), регистрационный номер 21; шпатлевка НЦ-008 – нитроцеллюлозная (НЦ) шпатлевка (00), регистрационный номер 8.

Лакокрасочные покрытия для зерноперерабатывающего оборудования, как правило, состоят из слоя грунтовки, шпатлевки и одного или нескольких слоев эмали или краски.

Технология формирования лакокрасочного покрытия (ЛКП). В зависимости от условий эксплуатации ЛКП должны быть стойкими против воздействия воды, влаги, высоких температур, атмосферы открытых помещений, химических элементов и т.д. Основные показатели ЛКП:

- адгезия (прилипаемость) к металлу;
- прочностные свойства (твердость и пластичность пленки, прочность пленки на удар, сопротивление пленки испарению и т.д.);
- проницаемость, т.е. способность ЛКМ проникать в труднодоступные места и там образовывать покрытия;
- температура высыхания;
- максимальная длительность эксплуатации;
- декоративные свойства, в том числе блеск.

По внешнему виду покрытий предусматриваются 7 классов, которые можно условно разделить на 3 группы: высокого качества (декоративные нормального качества и защитно-декоративные) и простой окраски (защитные). Первый класс устанавливается, например, для кузовов престижных автомобилей. Окраска основных деталей пищевых машин соответствует 4–5-му классу. Для устройств и приборов, в обслуживании которых человек не принимает участия (вагонные весы, поверхности внутри оборудования, недоступные для обозрения и т.п.), назна-

чается 7-й класс.

В общем случае процесс окраски состоит из операций подготовки поверхности, грунтовки, шпаклевки, шлифования, нанесения покрытий ЛКМ и их сушки. Способы реализации этих операций зависят от заданного класса покрытий.

Нанесение покрытий предъявляет определенные требования к конструктивному оформлению изделий:

– окрашиваемая поверхность должна состоять из простых геометрических фигур. В противном случае трудно механизировать очистку поверхности и нанести равномерный по толщине слой краски;

– углы окрашиваемых поверхностей должны иметь радиусы закруглений больше 10–15 мм, иначе в этих местах будет откладываться толстый слой краски, не высыхающий продолжительное время;

– крупногабаритные изделия (стойки, рамы и т.п.) должны иметь широкие окна для удобства окраски их внутренних поверхностей.

Подготовленная поверхность должна быть немедленно загрунтована, иначе возникает ее повторное загрязнение жирами, окислами и т.п.

Грунтовка является первым слоем покрытия, она образует прочную адгезионную связь металла с последующими слоями ЛКМ. Грунтовки содержат большое количество неорганических противокоррозионных пигментов, и после высыхания они образуют матовую поверхность. Общая толщина грунтовочного слоя 25–40 мкм.

Шпатлевка устраняет мелкие неровности и царапины на поверхности детали. Толщина одновременно наносимого слоя не должна превышать 0,5 мм. Общая толщина шпатлевки не должна превышать 2 мм, иначе она неравномерно высыхает, растрескивается и отслаивается. Наносят шпатлевку шпателем или краскораспылителем. При необходимости проводят шлифование зашпатлеванных поверхностей.

Качество шпатлевки оценивают по технологическим показателям: полнота заполнения дефектов, температура сушки, величина усадки, способность к шлифованию, а также по эксплуатационным свойствам покрытий: прочность сцепления с контактирующими слоями, стойкость к растрескиванию и др.

Если после высыхания грунт имеет глянцевую поверхность, то перед нанесением ЛКМ его необходимо зашкурить наждачной бумагой для получения шероховатой поверхности.

## Название дисциплины

Краски, лаки и эмали используются для формирования 2-го и 3-го слоев покрытия.

Ответственные ЛКП образуют двумя слоями грунтовки и двумя слоями краски. Один слой всегда имеет поры и не образует сплошной пленки, следовательно, не является надежной защитой от коррозии. Уменьшение числа слоев за счет увеличения их толщины приводит к растрескиванию пленки, образованию морщин и подтеков.

Первый слой краски по шпатлевке самый тонкий и является "выязвительным". Он служит для обнаружения дефектов, которые должны быть удалены с помощью быстросохнущих шпатлевок. После удаления продуктов зачистки шпатлевок наносят следующие слои краски. Вытяжная вентиляция должна обеспечить отсос пыли, которая загрязняет поверхность и ухудшает внешний вид покрытия.

Сушка ЛКП производится естественным путем при нормальной температуре воздуха или искусственным путем при повышенной температуре. При температуре 18–20°C продолжительность сушки грунтовок 10–12 ч, сушка первого слоя эмали возможна за 10–18 ч, сушка второго слоя эмали – за 24–48 ч. Обычно сушку проводят после нанесения каждого слоя ЛКМ.

Подбор колера эмалей при ремонтной перекраске изделий осуществляется путем смешивания основных цветов однопигментных эмалей.

С увеличением количества слоев краски пропорционально увеличивается ее расход и менее заметно повышаются защитные свойства покрытия. Оптимальная толщина покрытия зависит от вида ЛКМ, условий эксплуатации, сложности окрашиваемого изделия. Минимальная толщина покрытия эпоксидными красками 250–400 мкм, алкидными и масляными – 200–275 мкм, кремнийорганическими – 80–120 мкм.

Окрасочные работы должны проводиться в светлом, сухом, отапливаемом, хорошо вентилируемом и чистом помещении. Относительная влажность воздуха должна быть не менее 70%.

Методы нанесения лакокрасочных материалов (ЛКМ) на поверхность изделий. Известные способы нанесения ЛКМ можно классифицировать на ручные, механизированные и с использованием явления электрофореза. Выбор способа зависит в основном от возможностей производства, вида ЛКМ, размеров и формы изделия.

Ручное (немеханизированное) окрашивание производится кистями или вальцами. В последнем случае ЛКМ предварительно

## Название дисциплины

наносится на валик, который прокатывается по поверхности изделия и переносит на него материал. Ручное окрашивание применяется при мелкосерийном производстве для исправления дефектов, при ремонте машин в труднодоступных местах. Это малопроизводительный, трудоемкий способ окраски.

При механизированной окраске окунанием изделие погружают в ванну с ЛКМ, выдерживают в ней и быстро извлекают, подержав над ванной для стока избытка краски. Этот способ применим для изделий, в которых нет полостей, куда может затекать краска. Установка для окрашивания окунанием представляет проходную камеру туннельного типа. Внутри камеры имеется конвейер для подвески деталей или решетчатых ящиков с мелкими деталями. У входного и выходного тамбуров туннеля расположены воздушные завесы, создаваемые вентиляционными устройствами. Эти завесы препятствуют выходу паров растворителя через транспортные проемы.

Для ускорения сушки конвейер с окрашенными изделиями пропускают через электрическое поле высокого напряжения (90–100 кВ). Избыточная краска переносится на медную сетку, имеющую заряд, противоположный заряду изделия.

Преимущества метода окраски окунанием: возможность одновременного покрытия внутренней и наружной поверхностей изделия, полная механизация процесса, отсутствие сложного оборудования. Недостатки этого метода: большая неравномерность толщины покрытия и низкие декоративные качества, возможность окрашивания только в один цвет, повышенный расход краски, остающейся на подвесках, крючках и сетках, невозможность использования быстросохнущих ЛКМ.

Окраска путем распыления струи ЛКМ возможна в воздушном, безвоздушном или электрическом поле.

Окрашивание воздушным распылением проводят с помощью распылительных головок, к которым подведены ЛКМ и воздух под давлением 0,3–0,6 МПа. Краска вовлекается в зону большой скорости, дробится на мельчайшие частицы (аэрозоли) и равномерным тонким слоем наносится на поверхность изделия.

Ручные краскораспылители соединены шлангами с оборудованием, которое обеспечивает подачу ЛКМ и сжатого воздуха, очищенного от влаги, масла и краски (рис.3.2.21). Окрашивают в камерах, снабженных мощной вентиляционной вытяжной системой. При серийном производстве такое окрашивание ведут на конвейере с навешенными изделиями, движущимися со скоростью около 1,2 м/мин. С боков конвейера установлены устройства для

распыления краски.

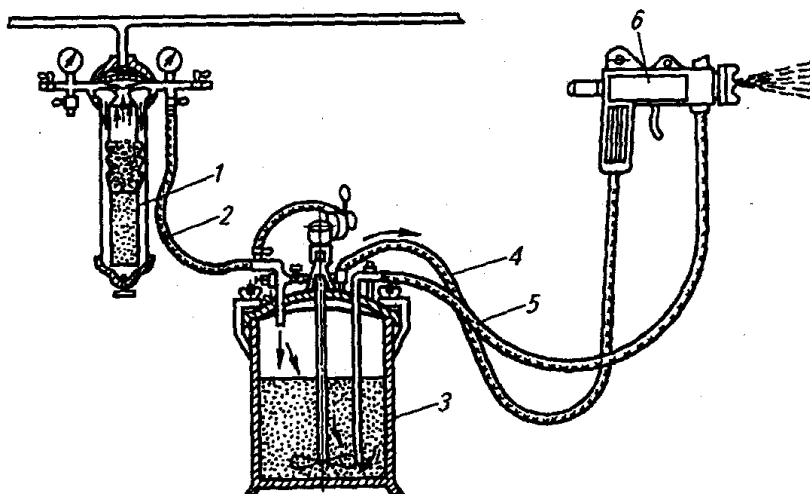


Рис. 3.2.21. Схема установки воздушного распыления краски:  
 1 – масловодоотделитель; 2 и 4 – шланги для подачи воздуха;  
 3 – красконагнетательный бак; 5 – шланг для подачи краски; 6 – краскораспылитель

При безвоздушном способе распыления ЛКМ под высоким давлением подается из бака к соплу распылителя. При выходе из сопла с высокой скоростью ЛКМ диспергируется за счет перепада гидравлических давлений. При нанесении покрытия без подогрева ЛКМ поступает в сопло с температурой 18–23°C под давлением 25 МПа. Если ЛКМ предварительно нагревается до 60–100°C, то достаточно давления 6–10 МПа. Нагрев не только снижает вязкость ЛКМ, но и сокращает его расход, позволяя одновременно увеличить толщину покрытия в 1,5–2 раза (рис.3.2.22).



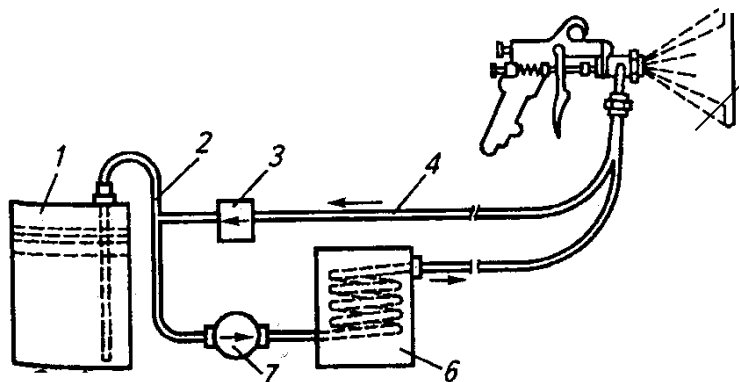


Рис. 3.2.22. Схема установки безвоздушного распыления краски:

- 1 – бачок для краски; 2 – питающая линия; 3 – регулирующий клапан;  
4 – шланг; 5 – краскораспылитель; 6 – нагреватель; 7 – насос

По сравнению с воздушным безвоздушное распыление образует меньше аэрозольного тумана, сокращая на 15–30% расход ЛКМ, и позволяет получить факел с более четкими границами. При безвоздушном распылении ЛКМ получают более низкое качество покрытия. Для подвода краски используют специальные шланги с наружной стальной оплеткой.

При работе распылителем обязательно выполнение следующих правил:

а) головка распылителя должна располагаться перпендикулярно окрашиваемой поверхности, иначе меняется ширина отпечатка факела и толщина покрытия;

б) недопустимы волнообразные и петлеобразные движения распылителя;

в) первый слой ЛКМ наносят вертикальными полосами, а второй – горизонтальными. Перекрывание слоев должно производиться до начала высыхания первого слоя, иначе на границе участка покрытие утолщается, а после сушки сморщится;

г) расстояние от распылительной головки до поверхности устанавливается 250–350 мм. Меньшее расстояние – для большей вязкости ЛКМ, а большее – для более низкой вязкости; при близком расположении головки появляются подтеки и неравномерно покрытые участки. При большем расстоянии увеличиваются поте-

ри ЛКМ из-за туманообразования.

Струйный облив с последующей выдержкой в парах растворителя широко применяется в пищевом машиностроении. Изделия со скоростью 2–2,5 м/мин направляются конвейером в проходной туннель с воздушными завесами на входе и выходе. В туннеле имеются секции облива и паровой обработки. Секция облива оборудована насосной установкой и системой краскоподачи с контурами облива. Струи краски подаются через распылительные сопла окрасочных контуров. Избыток краски стекает в бак и снова подается в форсунки. Поэтому расход краски значительно меньше, чем при окраске окунаем. Боковые контуры облива расположены в шахматном порядке во избежание пересечения струй краски и возникновения множества брызг. Время обливания изделия зависит от скорости конвейера и составляет 5–10 с, время нахождения в зоне обливания 1–2 мин, температура лакокрасочного материала 18–25°C. Концентрация паров растворителя в туннеле не должна превышать 50% от нижнего предела взрываемости. Под воздействием паров растворителя улучшается растекаемость ЛКМ по поверхности и выравнивается толщина пленки. На одном конвейере могут окрашиваться разные детали.

По сравнению с методом окунания струйная окраска обливом имеет следующие преимущества:

- хорошо окрашиваются детали с глубокими внутренними полостями;
- количество краски в системе значительно меньше, что снижает пожароопасность;
- легче заменить краску и производить очистку системы;
- меньше удельный расход краски;
- лучше декоративный вид покрытия.

По сравнению с методом окраски распылением при струйном обливом:

- сокращается в 4–5 раз расход краски;
- легче автоматизировать процесс;
- лучше качество покрытия, так как отсутствует пористость пленки;
- ниже трудоемкость;
- уменьшается взрывоопасность;
- чище воздух в рабочем помещении.

Основные недостатки метода струйной окраски:

- быстрая загрязняемость подвесок конвейера краской;
- трудность изоляции отверстий и других неокрашиваемых поверхностей;

## Название дисциплины

- невозможность окрашивать детали с поверхностями, препятствующими стеканию краски (карманами, ребрами и т.п.);
- низкие декоративные качества и значительная разница в толщине покрытий при большой высоте изделия;
- возможность окраски только в один цвет;
- потери краски из-за гелеобразования и выпадения в осадок пигментной части;
- осадок засоряет трубопроводы, сопла, фильтры, вызывает их забивание и ухудшает свойства покрытий;
- сорность покрытия при неудовлетворительной очистке ЛКМ или воздуха в рабочем помещении.

Струйная окраска эффективна при покрытиях листов, полос, лент, плоских деталей. Окраска проката обеспечивает высокую производительность, сокращение потерь от коррозии при транспортировании и хранении металла. Кроме того, предварительная окраска заготовок исключает операции консервации и расконсервации металла, снижает расход ЛКМ, обеспечивает равномерное по толщине и однородное покрытие.

Методы электроокрашивания и электроосаждения ЛКМ на изделие основаны на использовании физического явления электрофореза, т.е. переноса заряженных частиц в электрическом поле. При этом ионы и электроны, а вместе с ними и адсорбирующие их капельки краски перемещаются к электроду противоположного заряда. Далее капельки краски отдаются электроду свой заряд и отлагаются на его поверхности. Если этим электродом является окрашиваемая деталь, то частицы краски покроют ее поверхность ровным слоем. Интенсивность перемещения частиц зависит от напряжения, подведенного к электродам, и степени ионизации атмосферы.

Распыление краски проводится пистолетом-распылителем или стационарным электрораспылителем. В первом случае частицы краски подаются в пространство между отрицательно заряженными коронирующими медными сетками и положительно заряженным изделием. Электрическое поле постоянного тока высокого напряжения создается преобразованием переменного тока высоковольтным трансформатором и выпрямителем. Отрицательный заряд подается на сетку. Окрашиваемые изделия через конвейер получают положительный заряд от земли. Так как воздушное пространство возле сеток имеет отрицательный потенциал, то частицы краски, попадая в эту зону, заряжаются отрицательно.

При использовании стационарного краскораспылительного устройства к нему подводят напряжение 70–120 кВ при рабочем

токе до 2 мА. Такой режим безопасен для обслуживающего персонала. Дальнейшее повышение напряжения ведет к искровому разряду. Поступив на краскораспылитель, ЛКМ получает отрицательный заряд и по силовым линиям электрического поля движется к положительно заряженному, т.е. заземленному изделию, и оседает на его поверхности. Головка распылителя имеет форму чаши, грибка или диска, вращающихся со скоростью 1000–1600 об/мин. Под действием центробежных сил краска равномерно сбрасывается с кромок головки распылителя в виде мелких капель. Распыление и заряд ЛКМ происходят только при строго дозированной подаче краски, точном соблюдении величины напряжения и силы тока.

Силы электростатического притяжения возрастают в квадратичной зависимости с увеличением радиуса капли. Масса капли, а значит, и сила земного притяжения увеличиваются в кубической зависимости от ее радиуса. Для увеличения дальности полета капли под действием электростатических сил ее размер должен быть минимальным.

Достоинствами метода электроокрашивания распыленной краской являются: экономный расход ЛКМ, высококачественное покрытие, отсутствие тумана из краски, высокая производительность и возможность автоматизации окраски.

Недостатки этого метода: плохо окрашиваются внутренние поверхности, щели, отверстия; требуется сложное электрическое оборудование. При крупносерийном производстве для окраски труднодоступных мест изделий применяются вспомогательные отклоняющие электроды, имеющие одноименное с распылителем напряжение. Этот метод используют для окраски разнообразными ЛКМ, кроме нитроэмалей из-за их большой пожароопасности.

При окрашивании методом электроосаждения постоянное электрическое поле возникает между двумя электродами: изделием и металлическим корпусом ванны (рис. 3.2.23) или изделием и металлическими пластинами, опущенными в ванну. Заряженные частицы краски движутся к изделию, имеющему заряд противоположного знака, и осаждаются на нем, образуя равномерную по толщине пленку по всей поверхности изделия.

Различают анодный и катодный способы окрашивания электроосаждением. При первом способе изделие получает положительный заряд, а отрицательно заряженные частицы краски образуют на его поверхности нерастворимое в воде покрытие – сухую и плотную пленку. Анодное электроосаждение легче организовать на производстве, но для этого необходимо сильное электрическое

Название дисциплины

поле, которое разрушает связи металла с фосфатами и ухудшает их адгезию. Этого недостатка не имеет катодный способ.

Для реализации электроосаждения изделие, перемещаемое конвейером, погружается в ванну с ЛКМ (рис 3.2.24). Водоразбавляемые краски, наносимые методом электроосаждения, должны обладать определенными параметрами условного выхода по току и удельной электропроводности. Условный выход по току соответствует количеству ЛКМ, которое осаждается на электроде (изделии) при протекании единицы количества электричества. Удельная электропроводность – это величина, показывающая способность ЛКМ проводить электрический ток. Высокоомные ЛКМ осаждаются при напряжении 150–350 В, низкоомные – при напряжении 30–60 В. Технологический процесс электроосаждения состоит из нескольких операций:

- обезжиривание, промывание и сушка изделий. Так как водоразбавляемые ЛКМ хуже смачивают поверхности, то эту группу операций проводят особенно тщательно, чтобы на поверхности не осталось никаких загрязнений. При высоких требованиях к коррозионной стойкости ЛКП проводят фосфатирование, пассивирование или травление поверхности;

- погружение изделий, закрепленных на подвесках конвейера, в ванну с рабочим раствором ЛКМ;

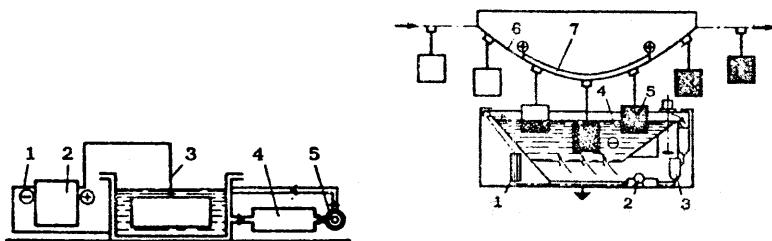
- подача электрического напряжения на изделие и на корпус ванны или на специальные электроды;

- осаждение ЛКМ на изделие в течение 1–2 мин и образование водонерастворимого солевого слоя;

- медленное извлечение окрашенных изделий из ванны, стекание с них излишков краски;

- двойная промывка водой, вначале водопроводной, затем обессоленной. На поверхности не должны оставаться ионы и водорастворимые соли, не имеющие электроосмотической связи с металлом;

- удаление воды, обдувка сжатым воздухом и сушка ЛКП при температуре 130–220°C.



## Название дисциплины

Рис. 3.2.23. Принципиальная схема установки для нанесения покрытия методом электрофореза: 1 – катод; 2 – источник постоянного тока; 3 – анод (окрашиваемое изделие); 4 – система циркуляции ЛКМ; 5 – насос

Рис. 3.2.24. Схема установки для окраски методом электрофореза на подвесном конвейере непрерывного действия: 1 – теплообменник; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – ванна с ЛКМ; 5 – окрашиваемые детали; 6 – конвейер; 7 – анод

Установка для электроосаждения представляет собой проходную камеру туннельного типа, в ее верхней части имеется конвейер или механизм для погружения окрашенного изделия в ванну. В ванне установлены насосы – мешалки, обеспечивающие рециркуляцию ЛКМ и унос образующейся пены. Установка оборудована зонами струйной промывки окрашенных изделий и зоной их обдувки теплым воздухом. Вентиляционная система предотвращает выход из установки в цех вредных веществ, образующихся при ведении процесса.

Перемешивание ЛКМ в ванне позволяет также предотвратить образование осадка, обеднение краской раствора вблизи изделия. Однако чрезмерное перемешивание ведет к появлению сильных потоков жидкости, которые отклоняют заданное электрическим током направление движения частиц краски. Окрашиваемые изделия должны равномерно и плавно перемещаться.

Электроосаждение краски выполняется при соблюдении следующих условий:

- концентрация ЛКМ в ванне 9–12%. При меньшей концентрации не образуется осаждения, при большей – осадок стекает с изделия под действием собственной массы;
- водородный показатель раствора  $\text{pH} = 7\text{--}8,5$  обеспечивает стабильность работы системы, оптимальную скорость осаждения и хорошее качество покрытия;
- плотность тока 40–50 А/м<sup>2</sup>.

Изменение температуры раствора влияет на стабильность системы, скорость электроосаждения, пластичность пленкообразователя.

Метод электроосаждения в ванной с водоразбавляемыми ЛКМ обеспечивает высокие декоративно-защитные свойства, образует ровные глянцевые покрытия даже на изделиях со сложной конфигурацией. Эти покрытия имеют незначительную токсичность, поэтому их используют, например, для окраски насосов для

перекачки воды и для аппаратуры пищевых производств. Процесс такой окраски невзрывоопасен и совершенно безопасен в пожарном отношении.

Основными недостатками метода окраски электроосаждением являются: использование сложного, дорогостоящего оборудования и возможность нанесения только одного слоя. Наиболее эффективен данный метод при крупносерийном производстве изделий сложной конфигурации.

Недостатком электрофоретических покрытий (электроокрашивание и электроосаждение) является воспроизведение ими всех дефектов поверхности (риски, штрихи и т. д.) при их нанесении на поверхность.

При разделяющих и формообразующих операциях заготовки электрофоретические покрытия не отслаиваются и не откалываются. Ровный и монолитный слой имеет твердость и прочность к истиранию в 10 раз больше, чем у гальванического цинка.

Однослойные электрофоретические покрытия по своим защитным свойствам соответствуют 2–3-слойным покрытиям, нанесенным пневматическим распылением. Это объясняется большей плотностью и сплошностью покрытий. Такие качества обеспечивают стойкость к воздействию влаги, бензина, масла и дизельного топлива.

Способы сушки ЛКП. Высыхание жидкого слоя краски происходит при постепенном испарении растворителя, медленном окислении и полимеризации пленкообразующих веществ. Для образования твердой пленки растворитель должен испаряться медленно, иначе покрытие получается пористым, с малой прочностью, а в пленке возникнут напряжения, снижающие адгезию.

Сушку ЛКП в естественных условиях используют для изделий, скрашенных быстровысыхающими материалами (алкидные, эпоксидные или полиуретановые материалы). Изделия, имеющие в своем составе резиновые или пластмассовые детали, также не допускают сушки при высоких температурах.

Температура нагрева и время экспозиции сушки оказывают большое влияние на качество покрытий. С повышением температуры процессы поликонденсации, полимеризации и окисления протекают быстрее и полнее, что увеличивает адгезию, твердость, прочность, уменьшает водопоглощаемость. Нитроцеллюлозные и перхлорвиниловые материалы сушат при температуре около 60°C. Масляные и водоразбавляемые краски сушат при температуре 110–170°C в течение 20–30 мин при толщине покрытия 30 мкм. Некоторые ЛКП (меламино- и мочевиноалкидные)

## Название дисциплины

только после сушки при высокой температуре отвердевают и приобретают нужные свойства. Это объясняется тем, что при нормальной температуре химические процессы, ведущие к образованию ЛКП, не протекают или происходят частично.

Горячая сушка не только улучшает качество ЛКП, но и уменьшает потребность в производственных площадях, сокращает транспортный путь изделия на конвейер.

Различают следующие основные способы искусственной сушки: конвективная, терморadiационная, комбинированная и индукционная.

При конвективной сушке окрашенные изделия поступают в камеру, через которую проходит горячий воздух. Воздух может нагреваться горючим газом, паром, электричеством или отходящими топочными газами. Высыхание начинается с наружной поверхности покрытия. Образовавшаяся пленка затрудняет удаление остатков растворителя из нижних слоев. Это увеличивает продолжительность сушки, иногда даже приводит к образованию в пленках пузырей, заполненных парами растворителя. Для получения твердого покрытия изделие должно прогреваться постепенно.

В единичном и мелкосерийном производствах конвективная сушка проводится в коробах или сушильных шкафах. Изделия в них загружают периодически напольными или подвесными тележками. Нагретый воздух подают в нижнюю зону сушилки с помощью вентиляционного устройства. Происходит контактная передача тепла от циркулирующего горячего воздуха. Чтобы избежать потерь тепла, камера обшивается теплоизоляционными панелями.

Проходные камеры окраски непрерывного действия имеют входной и выходной проемы с воздушными тепловыми завесами или автоматически открывающимися дверьми. В боковые стенки камеры вмонтированы тепловентиляционные (или излучающие) секции. Теплосекция состоит из системы рециркуляции воздуха и калорифера. Системой рециркуляции воздух забирается в верхней части камеры и через калориферы нагнетается в ее нижнюю часть. Подсос свежего воздуха производится через специальные окна с фильтрами.

Окрашенные изделия перемещаются внутри камеры конвейером. Направление движения выбирается так, чтобы покрытие с минимальным количеством растворителя соприкасалось с наиболее горячим воздухом. Поэтому сырые окрашенные изделия перемещаются навстречу нагнетаемому воздуху. По мере пере-



мещения изделий температура воздуха повышается.

В 1-й зоне происходит нагрев изделия и удаление основной массы растворителей. Во 2-й зоне при высокой температуре осуществляется сушка. В 3-й зоне температура снижается, происходит досушка и охлаждение изделия.

При температуре воздуха 80–110°C сушка после грунтовки длится 5–30 мин. Если второй слой эмали нанесен «мокрый по мокрому», то их сушка при температуре 90–130°C длится 40–75 мин в зависимости от подсушенности первого слоя.

Достоинством конвективного способа сушки является возможность получения ЛКП с хорошими декоративными, противокоррозионными и прочностными свойствами. Недостатки конвективной сушки – невысокая производительность и неэкономичность из-за малой теплопроводности воздуха.

Терморadiационная сушка основана на поглощении тепловых инфракрасных (ИФ) лучей металлической поверхностью, которая затем передает тепло нижним слоям краски. В дальнейшем затвердевание краски распространяется к внешней поверхности. Это обеспечивает беспрепятственный выход паров растворителя. ЛКП, полученное при терморadiационной сушке, отличается незначительной пористостью, высокой твердостью, повышенными противокоррозионными свойствами. Установлено, что лучи с длиной волны  $L=3,5-5,0$  мкм хорошо проникают сквозь слой ЛКМ и почти не нагревают воздушную прослойку между излучателем энергии и изделием.

В зависимости от вида ЛКМ терморadiационная сушка проводится в диапазоне средних (90–140°C) или высоких (160–200°C) температур. Длительность сушки грунтовок толщиной пленки 20 мкм составляет 10–35 мин. Сушка эмалей с толщиной пленки 20 мкм происходит за 8–65 мин. Меньшие значения экспозиций сушки относятся к диапазону высоких температур, большие значения относятся к диапазону средних температур.

Источники ИФ лучей должны быть надежными и экономичными. Первоначально использовались зеркально-сушильные электролампы мощностью 250 и 500 Вт, так называемые "светлые излучатели". Их колба выполнена в виде рефлектора, внутренняя отражающая часть которого покрыта серебром или анодированным алюминием. Длина волны излучения  $L=0,76-1,8$  мкм. Излучатели располагают на расстоянии 100–300 мм от окрашенной поверхности.

Также в качестве излучателей используют панельные экраны темного излучения. Они выполнены в виде керамических,

стальных или чугунных плит, нагреваемых газом или электричеством. Панели, вмонтированные в стенки сушильной камеры, нагреваются газовыми горелками до температуры 400–450°C и становятся источниками ИФ излучения с длиной волны ( $L=1,8-4,0$  мкм). Дальнейшее повышение температуры может привести к самовоспламенению растворителей.

Панельные излучатели надежны и долговечны, но имеют высокую металлоемкость. Тепловая инерция этих излучателей высока и составляет 40–50 мин. Коэффициент полезного действия панельных излучателей не превышает 0,3–0,4, так как они излучают тепло с двух сторон, а используется только одна сторона.

Для повышения эффективности использования энергии панельные излучатели снабжают рефлекторами из химически полированного или анодированного алюминия. К сожалению, отражательная способность рефлекторов быстро снижается по мере загрязнения. Поэтому их следует регулярно чистить от пыли и полировать фланелевой ветошью.

На некоторых ремонтных заводах с целью интенсификации сушки ЛКП изделие не только облучают ИФ лучами, но и обдувают нагретым воздухом из рециркуляционной системы. При нагреве изделия до 100–140°C сушка происходит за 12–15 мин.

Сравнительно редко применяют индукционный способ сушки ЛКП. Для этого окрашенное изделие помещают в контур проводника, через который пропускают электрический ток высокой частоты, создающий пульсирующее магнитное поле. В изделии возникают вихревые токи, и оно нагревается. Достоинством индукционного способа является короткое время сушки и высокая экономичность процесса, но этот способ пригоден только для простых изделий: листов, профильного проката и т.п.

Сушилки обычно встраиваются в линию окрасочного конвейера и часто вместе с ним включаются в поточную линию сборки и окраски. После сушки обязательно проводится медленное охлаждение окрашенного изделия за счет обменной вентиляции цеха до 25°C.

Контроль качества ЛКП. В процессе эксплуатации изделий возникают различные дефекты ЛКП: выветривание, загрязнение, разрушение при эрозии, отслаивание, набухание, подпленочная коррозия, растрескивание и растворение. Причины этих дефектов кроются в нарушении технологии окрасочных работ, в том числе и в несоответствии качества ЛКМ установленным требованиям. Многие дефекты можно предотвратить и увеличить срок службы ЛКП при условии тщательного контроля за проведением окрасоч-

ных работ и за качеством нанесенных покрытий. Окрасочные работы должны проводиться только после соответствующей очистки поверхности.

В камерах для окраски и сушки должны поддерживаться температура и влажность, соответствующие регламенту техпроцесса. Воздух, поступающий в камеры, должен быть чистым от масляных и других загрязнений. Работа должна производиться исправным инструментом. Во избежание образования осадка из тяжелых пигментов (закись меди, сурик и т.п.) краску необходимо систематически размешивать.

В процессе окраски регулярно контролируют: вязкость и температуру ЛКМ, давление сжатого воздуха на краску, давление воды в соплах моечных аппаратов (около 0,1 МПа). Один – два раза в смену проверяют концентрацию раствора, при необходимости добавляют растворители, воду или моющее вещество.

При выходном контроле ЛКМ проводят следующие работы.

1. Визуально оценивают качество покрытия; наличие загрязнений, ярких пятен, трещин, рисков, вздутий, отслаиваний, подтеков (местных утолщений, возникающих при стекании краски), кратеров (макроскопических углублений), инородных включений.

2. В сравнении с эталоном визуально оценивают декоративные свойства покрытия. При этом устанавливают: соответствие цвета пленки и ее разнооттеночность, меление (дефект, возникающий при перемещении частиц пигмента под воздействием атмосферных условий). Важным декоративным показателем является глянец, который может иметь следующие характеристики: высокий глянец, глянцевая поверхность, полуматовая или матовая поверхность. Соответствующая характеристика определяется визуально или фотоэлектрическим прибором – блескомером.

3. Оценивают адгезию покрытия к окрашенной поверхности и между слоями ЛКМ. При визуальной оценке адгезию определяют способом решетчатых надрезов лезвием бритвы. При высокой адгезии края надрезов будут гладкими, без отслаиваний кусочков покрытия. При использовании адгезиометра величину адгезии оценивают по напряжению (Па), необходимому для отрыва покрытия от грунтовки или окрашиваемой поверхности. Одновременно фиксируют число отслоившихся частичек.

4. С помощью приборов определяют прочностные свойства покрытий. К этим свойствам относятся: эластичность пленки при растяжении и изгибе, стойкость пленки при ударе, наличие внутренних напряжений в ЛКП.

## Название дисциплины

5. Определяют количество нанесенных слоев краски и их толщину. Для этого производят в ЛКП клиновидный надрез длиной 10–15 мм и рассматривают его через специальную лупу. В спорных ситуациях толщину слоя измеряют толщиномером в 3–5 точках. Отметим, что толщина не гарантирует высокого качества покрытия.

6. Толщину сырого слоя краски определяют косвенным методом. Для этого при известной плотности ЛКМ определяют его расход на окраску 10 или 50 м<sup>2</sup> поверхности.

7. Замеряют количество и размеры пор (сквозных отверстий) в ЛКП при помощи пороскопа.

8. Противокоррозионные свойства ЛКП определяют прямым или косвенным методом. При прямом методе испытаний окрашенное изделие погружают в агрессивную среду: соду, растворы кислот и щелочей и т.п., при косвенном методе величина коррозии определяется визуально.

Покрытие изделия твердыми красками. В последние годы получают все большее распространение порошковые краски, в которых в качестве пленкообразователя используют твердые хрупкие полимеры на основе пластмасс.

Пластмасса – это сложная композиция, в которой основным компонентом является высокомолекулярное органическое соединение, придающее ей пластичность и способность затвердевать. В качестве пленкообразующего слоя применяют смолы природного или искусственного происхождения.

Кроме смол в состав порошковой смеси входят наполнители, пигменты, пластификаторы, стабилизаторы и отвердители. В зависимости от выбранных компонентов порошок получает различные технические и эксплуатационные характеристики. Наполнители повышают прочностные свойства, атмосферостойкость и другие показатели. Они дешевле пленкообразователей. Пластификаторы позволяют снизить внутреннее напряжение в порошковых покрытиях и предотвратить их растрескивание, изменить твердость, увеличить гибкость, относительное удлинение, повысить адгезию. Жидкие пластификаторы применяют при условии хорошего поглощения их частицами полимера. Твердые пластификаторы вводят в твердом или расплавленном состоянии, их легче вводить в композиционные смеси. Твердые пластификаторы позволяют увеличить пластичность покрытий вплоть до получения высокоэластичных пленок.

При подготовке рабочей смеси порошок и пигмент сушат в термостате в течение 2–4 ч, пока их влажность ста-

нет меньше 0,3%. Смешивание всех компонентов проводится в шаровой мельнице-смесителе до однородного цвета. Далее на вибросите просеивают рабочую смесь, чтобы отделить фракции крупнее, чем 100–300 мкм.

В зависимости от изменения физико-механических свойств при нагреве порошковые краски (пластмассы) разделяют на термопласты и реактопласты. Термопласты допускают многократную переработку. При каждом последующем нагреве они переходят в пластическое состояние, а при охлаждении – в твердое. К термопластам относятся: полипропилен, полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид (ПВХ), фторопласт, полиамид, эфиры целлюлозы. Как пленкообразователи, они обеспечивают стабильность композиций, быстрое формирование покрытий в течение нескольких минут. Безусловным достоинством термопластов является доступность. Однако покрытия из термопластов обратимы, имеют невысокую теплостойкость, неустойчивы к воздействию растворителей.

Реактопласты (термореактивные пластмассы) при нагреве переходят в неплавкое и нерастворимое состояние, процесс их переработки необратим. К реактопластам относятся полиэпоксиды, полиэфир, полиакрилаты. Они позволяют формировать тонкие покрытия с хорошими декоративными качествами, подобные покрытиям из жидких красок. Но такие покрытия требуют большего времени для затвердевания. Вместе с тем они образуют покрытия с повышенной тепло- и удовлетворительной химической стойкостью, хорошими адгезией и прочностью.

Для обеспечения необходимых свойств полимеры иногда смешивают друг с другом. Например, полиэтилен может образовывать смесь с полиамидом, пентапластом, ПВХ, но он несовместим с фторопластом, полиэфиром, канифолью. Добавка реактопласта – эпоксидной смолы в термопласты повышает их адгезионные свойства, твердость, теплостойкость, антикоррозионные качества. С другой стороны, модификация эпоксидных реактопластов термопластами придает покрытиям повышенную эластичность, ударную прочность и стойкость при механической обработке.

В мировом производстве порошковых красок преимущественное распространение получили эпоксидные, полиэтиленовые и поливинилхлоридные полимеры. Намечается тенденция к увеличению потребления полиэфирных и полиакрилатных красок.

Плакирование изделий. Отечественная и зарубежная металлургия в последние годы начала выпуск металлопластов, т.е.

листового или профильного проката с пленочным покрытием. Такой подход предохраняет металл от коррозии при его транспортировке и хранении, снижает затраты на машиностроительном заводе. Плакирование холоднокатаного проката осуществляется пленкой и реже пастообразным материалом. Свойства металлопласта определяются свойствами металла (прочность, жесткость) и покрытия (антикоррозионные характеристики и декоративные качества).

Благодаря своим положительным характеристикам, ПВХ (поливинилхлорид) в виде пленки толщиной 0,2–0,3 мм чаще всего используется для плакирования. Предварительно поверхность металла очищается, обезжиривается и подвергается травлению. На подготовленную поверхность клеенамазывающая машина наносит клей. При температуре 250–300°C происходит сушка клея в течение 40–60 с. Одновременно клей наносится на одну из сторон пленки. В плакирующей машине лист (полоса) и пленка совмещаются и прижимаются валками друг к другу. После этого металлопласт охлаждается и сматывается на моталку.

В качестве покрытий листов и полос покрытий могут использоваться пластизоли или органозоли. Пластизоль – это дисперсная система поливинилхлоридной смолы в пластификаторе. Органозоль содержит еще и растворители.

Пластизоли являются полуфабрикатами для изготовления пленок, при их использовании в качестве покрытия отпадают операции по изготовлению пленок: вальцевание и каландрирование. Однако в пластизоли должно быть большее количество пластификаторов, чем в пленке, а это снижает коррозионную устойчивость будущего покрытия. Из-за этого пластизольные покрытия отличают меньшие твердость и прочность, но большая эластичность. В процессе термического воздействия на пластизоль частицы смолы сплавляются и образуют сплошную пленку. Этот процесс происходит медленно. Оптимальная толщина пластизольного покрытия 70–120 мкм.

В органозолях присутствует растворитель, который необходимо удалять при термическом воздействии. Следовательно, процесс нанесения органозолей еще длительнее, и толщина покрытия должна быть еще меньше: 35–70 мкм.

На пищевых предприятиях в технологических процессах используют различные кислоты, щелочи, пар, сжатый воздух и прочее. Поэтому окраска машин и систем должна указывать места нахождения (прохождения) агрессивных компонентов согласно ГОСТу (табл.3.2.7).

Таблица 3.2.7  
Рекомендованная окраска емкостей и трубопроводов

№ п/п	Наименование группы веществ	Цвет безопасности на емкости, трубопроводе	Цвет надписи, обозначающей вещество и его параметры
1	Противопожарные жидкости	Красный	Белый
2	Пар	Светло-зеленый	Черный
3	Вода	Голубой	Белый
4	Воздух	Белый	Черный
5	Газы	Серый	Белый, черный
6	Кислоты	Светло-желтый	Черный
7	Щелочи	Фиолетовый	Белый
8	Жидкости чистые неагрессивные	Зеленый	Черный
9	Прочие жидкости	Темно-зеленый	Белый
10	Канализация	Черный	Белый

**Примечание:** поверх основного цвета могут быть нанесены метки для обозначения свойств веществ: красные – огнеопасные и взрывоопасные; желтые – ядовитые и вызывающие ожоги; зеленые – безопасные и нейтральные.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3.2

### ИСТОРИЯ КРАСОК И ТЕХНИКА КРАШЕНИЯ

В древности широко использовались некоторые минеральные краски для наскальной и стеновой живописи.

В основном использовалась охра (красно-оранжевый цвет, уголь – черный цвет, сурик – оранжево-красный).

Название дисциплины



1



2



3

Рис. ПЗ.2.1. Пещерные изображения диких животных, на которых охотились люди каменного века: 1 – лошади; 2 – зубры (туры); 3 – олени (охра, уголь)

Для наскальной и стенной живописи в Древнем Египте применялись земляные краски, а также искусственно полученные окрашенные окислы и другие соединения металлов. Особенно часто применяли охру, сурик, белила, сажу, растертый медный блеск, окислы железа и меди и другие вещества (рис. ПЗ.2.1). Древнеегипетская лазурь, изготовление которой было позднее (I в. н. э.) описано Витрувием, состояла из песка, прокаленного в смеси с содой и медными опилками в глиняном горшке.



Для глазурей, наносимых на керамические, в том числе фаянсовые, изделия, также применялись окрашенные соединения меди, в частности малахит и лазурит, смешанные с содой, а иногда и с тонкорастертым песком и другими компонентами. Синяя глазурь, окрашенная медью, зафиксирована в изделии, относящемся приблизительно к 2800 г. до н. э. В ряде изделий, относящихся к позднему времени (около 1500 г. до н. э.), в составе стекла был обнаружен кобальт. С начала I тысячелетия до н. э. египтяне стали употреблять и свинцовую глазурь, дававшую желтые и зеленоватые цвета.

Наряду с минеральными красками и в Азии, и в Египте даже в глубокой древности население использовало растворимые природные красители. Среди находок, относящихся к периоду Древнего Египта (более 3500 лет до н. э.), имеются цинковки, окрашенные в красный цвет. По клинописным табличкам, найденным в Месопотамии, расшифрованы красители и рецептуры, относящиеся по крайней мере ко

II тысячелетию до н. э. Замечательно, что даже в столь далекие времена были освоены способы не только прямого, но и протравного крашения. В качестве источников красителей использовали растения: алканну, вайду, куркуму, марену, сафлор, а также и некоторые животные организмы.

Алканна – род многолетних растений семейства *Asperifoliaceae*, близких к известной у нас медунице. Наиболее интересна *A. tinctoria*, фиолетово-красный корень которой содержит смолистое красящее вещество, растворяющееся, например, в масле, с образованием раствора яркого красно-малинового цвета. Краситель хорошо растворяется в щелочах, даже в водном растворе соды, окрашивая его в голубой цвет, но при подкислении он выпадает в виде красного осадка. Дает окраску красивую, но весьма непрочную. Древнейшие обнаруженные в Египте выкраски алканной датируются XIV в. до н. э. (рис. ПЗ.2.2).



Рис.ПЗ.2.2 Процедура окрашивания в III тысячелетии до н. э.

Вайда (синильник) – один из видов растений рода *Isatis*, к которому принадлежит также и знаменитая индигофера. Все они содержат в своих тканях вещества, которые после ферментации и воздействия воздуха образуют синюю краску. Как выяснилось уже в конце XIX в., в состав лучшего индийского "индиго", полученного из индигоферы, входит не только синий краситель – индиго-тин, но и красный – индигорубин. В различных видах рода *Isatis* количество индигорубина различно, и из растений, где его мало или вовсе нет, выделяется синий краситель унылого цвета. Именно поэтому ярко окрашивающее индиго из Индии ценилось особенно дорого, но доставка его была нелегка. Геродот сообщает, что в VII в. до н. э. на территории Палестины имелись значительные плантации вайды, но краска была известна много ранее. Так, ею окрашена туника Тутанхамона (XII в. до н. э.).

Куркума – многолетнее травянистое растение семейства имбирных. Для крашения использовали желтый корень *C. longa*, который высушивали и истирали в порошок. Краситель легко экстрагируется содой с образованием красно-бурого раствора. Окрашивает в желтый цвет без протравы и растительные волокна, и шерсть. Легко изменяет цвет при малейшем изменении кислотности, бурея от щелочей, даже от мыла, но также легко восстанавливает яркий желтый цвет в кислоте. Нестоек на свету.

Марена красильная – хорошо известное растение, толченый корень которой носил название крапп. Содержащийся в краппе ализарин давал с железной протравой фиолетовые и черные вы-

краски, с медной – ярко-красные и розовые, а с оловянной – огненно-красные. В Египте этот краситель был в ходу, но шумеры его не знали.

Сафлор – высокорослое (до 80 см) однолетнее травянистое растение с яркими оранжевыми цветками, из лепестков которых изготовляли краски – желтую и красную, легко отделяемые друг от друга с помощью уксусно-кислого свинца. Несмотря на относительную нестойкость к свету и мылу, сафлор, даже не разделяя, использовали для прямого, без протравы, окрашивания хлопка в желтый или оранжевый цвет. В Египте найдены окрашенные сафлором ткани, относящиеся к XXV в. до н. э.

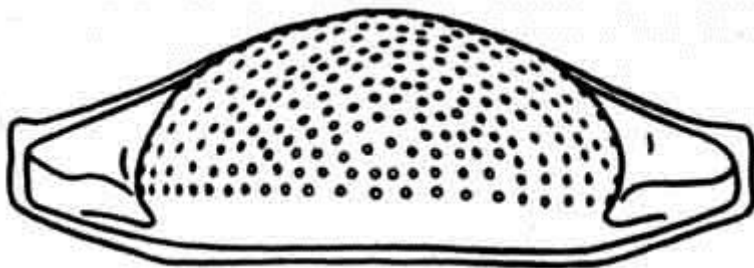


Рис. ПЗ.2.3. Разрез фильтровальной тарелки (III тысячелетие до н. э.)

для органических красителей

Кермес – этот краситель получали из особого насекомого – дубового червя, паразитирующего на разновидности дуба, произрастающего в Средиземноморье. Для приготовления красителя в определенное время собирали "орешки" на листьях, а в более поздние времена самок насекомых (в Испании, например, это делали в июне), умерщвляли уксусом, выдерживали на солнечном свете и высушивали. Красящее начало растворимо в воде, от кислоты желтеет, а от щелочи приобретает фиолетовый цвет (рис. ПЗ.2.3). С медной протравой дает кроваво-красный цвет, с железной – фиолетово-серый, с винным камнем – оливково-зеленый, с оловянной и винным камнем – канареечно-желтый. С железным купоросом кермес дает черный цвет вследствие наличия в нем танидов. Плиний (I в. н. э.) сообщает, что половина податей, выплачиваемых Испанией Риму, погашалась поставками кермеса.

Кермес использовали в Месопотамии не позже чем в начале II тысячелетия до н. э. как основную красную краску. Любопытно, что красили не только остриженную шерсть, но даже шерсть непосредственно на животных. В документах о продаже, датирован-

мых XIII в. до н. э., фигурируют окрашенные овцы.

Пурпур – знаменитая краска древности, известная в Месопотамии по меньшей мере во II тысячелетии до н. э. Источником краски служил напоминающий мидию двустворчатый моллюск рода мурекс, обитавший на отмелях острова Кипр и у финикийского побережья. Образующее краску вещество находится в маленькой железе в виде мешочка, из которого выдавливали студенисто-жидкую бесцветную массу с сильным чесночным запахом. При нанесении на ткань и высушивании на свету вещество начало менять окраску, последовательно становясь зеленым, красным и, наконец, пурпурно-красным. После простирывания с мылом окраска становилась ярко-малиновой. Из 12 000 моллюсков можно было получить 1,5 г сухого красителя, поэтому это была царская краска.

Для ее приготовления в основном поступали таким образом: тело моллюсков разрезали, солили, некоторое время варили в воде, раствор выдерживали на солнечном свету и упаривали до достижения нужной интенсивности окраски.

Следует отметить, что шумеры большую часть красителей и даже окрашенной шерсти получали из Сирии, где техника крашения достигла высокого уровня. Египтяне для получения пурпурной окраски наносили красную краску на синюю ткань, а для зеленой окраски – синюю на желтую. Для желтой использовали также и хну. В качестве протрав употребляли вначале квасцы и соли железа, главным образом сульфат, но затем и ацетат. Медные, свинцовые и оловянные протравы вошли в практику уже во второй половине I тысячелетия.

Квасцы добывали в Древнем Египте в пустыне, к западу от Нила. Геродот указывает, что в VI в. до н. э. из Египта в Дельфы было направлено 1000 талантов (более 36 т) "вяжущей земли". Однако этот продукт был известен более чем за 1000 лет ранее. Во II тысячелетии до н. э. греки уже использовали квасцы для крашения тканей. В I тысячелетии месопотамцы знали, что вещество, пригодное для протравы, можно выделять из лишайников.

В качестве протравы другого типа в Месопотамии уже во II тысячелетии до н. э. употребляли танниды из галловых орешков, из плодов, древесины и корня гранатового дерева, из древесины и плодов акации (катехины), из сумаха и др. Последующая обработка солями железа давала черные или темно-фиолетовые цвета.

На пороге новой эры расширился ассортимент и протрав, и природных красителей, и способов крашения. К числу растений –

Название дисциплины

источников красок добавились водоросли (лакмус), чистотел (желтый), шафран (желто-оранжевый), черника и др.

Из новых методов следует отметить набивку тканей, выполнявшуюся в Египте. Расширился и ассортимент минеральных красок, среди которых искусственно полученные ярь-медянка (ацетат меди), свинцовые белила (ацетат свинца или хлорид свинца) и др. Отметим, наконец, что рисунки древнеегипетских художников на стенах храмов и на поверхности саркофагов, отличающиеся яркостью цветов, покрывались сверху защитным слоем высокопрочных лаков типа олифы.

В Древней Греции и Риме обычно красили статуи – и известковые, и мраморные.

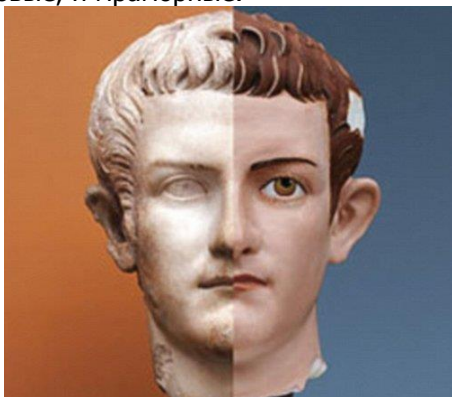


Рис. ПЗ.2.4. Голова бюста римского императора Калигулы – оригинал, потерявший краски и восстановленная копия, совмещенные на одном рисунке

Пигменты были минеральные, носитель органический. Он, вероятно, обеспечивал адгезионные свойства такого красителя (связь с поверхностью, липкость, проще говоря). Но такая окраска со временем теряла устойчивость, потому что органика неизбежно разрушается бактериями. И оставшийся пигментный слой при колебаниях температуры осыпался, и потому древние статуи казались потомкам совсем неокрашенными. Конечно, со временем обратили внимание на следы пигментов, особенно, когда такие предметы обнаруживались при раскопках. И окраска античных статуй применялась повсеместно.

Но даже когда об окраске статуй настойчиво напоминают специалисты, все же представить ее себе сложно. Человеку нужны визуальные впечатления

(рис. ПЗ.2.4).

Кстати следует отметить, что император Калигула очень «уважал» сенат и поэтому приказал сделать своего коня сенатором.

Может, это была одна из причин, приведших к убийству Калигулы в возрасте 28 лет.

Восстановлением первоначальной окраски древнегреческих и римских статуй и барельефов по оставшимся следам красок занимается группа исследователей из Гарвардского университета во главе с профессором В.Бринкманом, разработавшим методику восстановления (рис.ПЗ.2.5 – ПЗ.2.8).



Рис. ПЗ.2.5.Троянский лучник (Парис, вероятно) на западном фронтоном храма Афины на о. Эгина



Рис.ПЗ.2.6. Барельеф «Лев из Лоутраки», Греция, около 550

Название дисциплины

г. до н.э., известняк, высота 53 см. Так выглядела реконструированная окраска. Ярко-синий и оранжевый были, по результатам исследования, цветами этого льва. Для выявления красок использовалась ультрафиолетовая подсветка, которая позволяет выявить и малые количества пигмента

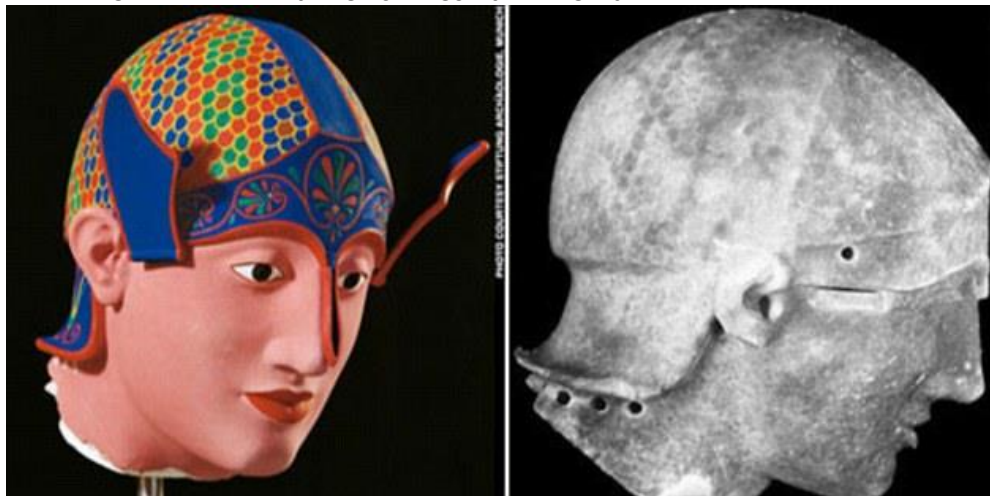


Рис. ПЗ.2.7. Голова воина с фронтона храма Афины на о. Эгина, около 480 г. до н.э.

И тут ультрафиолетовое освещение выявляет тонкую структуру красок



Рис. ПЗ.2.8. Цветная реконструкция саркофага Александра  
599

Македонского, около 320 г. до н.э.

Окраска стекла и керамики. Стекло было известно в Древнем мире очень рано. Распространенная легенда о том, что стекло было открыто случайно моряками-финикийцами, потерпевшими бедствие и высадившимися на одном острове, где они развели костер и обложили его кусками соды, расплавившимися и составившими вместе с песком стекло, малодостоверна. Возможно, что подобный случай, описанный Плинием Старшим, и мог иметь место, однако в Древнем Египте обнаружены изделия из стекла (бусины), относящиеся к 2500 г. до н. э. Техника того времени не позволяла изготавливать из стекла крупные предметы. Изделие (ваза), относящееся приблизительно к 2800 г. до н. э., представляет собой спеченный материал – фритту – плохо сплавленную смесь песка, поваренной соли и окиси свинца. По качественному элементному составу древнее стекло мало отличалось от современного, однако относительное содержание кремнезема в древних стеклах ниже, чем в современных. Настоящее производство стекла развивается в Древнем Египте в середине II тысячелетия до н. э. Цель заключалась в получении декоративного и поделочного материала, так что изготовители стремились получать окрашенное, а не прозрачное стекло. В качестве исходных материалов использовали природную соду, а не зольный щелок, что следует из весьма низкого содержания в стекле калия, и местный песок, повсеместно содержащий некоторое количество карбоната кальция.

Более низкое содержание кремнезема и кальция и высокое содержание натрия облегчало получение и плавку стекла, поскольку снижалась температура плавления, но это же обстоятельство уменьшало прочность, увеличивало растворимость и снижало атмосферостойкость материала.

Окраска стекла зависела от введенных добавок. Аметистового цвета стекло середины-второй половины II тысячелетия до н. э. окрашено добавкой соединений марганца. Черный цвет вызван в одном случае наличием меди и марганца, а в другом – большого количества железа. Значительная часть синих стекол того же периода окрашена медью, хотя образец синего стекла из гробницы Тутанхамона содержал кобальт. Более поздние исследования показали наличие кобальта в ряде стеклянных изделий начиная с XVI в. до н. э. Это обстоятельство особенно интересно, во-первых, потому, что в Египте кобальт не встречается вовсе, а во-вторых, потому, что кобальтовые руды в отличие от медных не



имеют характерного цвета, и их применение для подцвечивания свидетельствует о большом опыте древних стеклоделов.

Зеленое египетское стекло второй половины II тысячелетия до н. э. окрашено не железом, а медью. Желтое стекло конца II тысячелетия окрашено свинцом и сурьмой. К тому же времени относятся образцы красного стекла, цвет которых обусловлен содержанием окиси меди. В гробнице Тутанхамона обнаружено молочное (глушеное) стекло, содержащее олово, а также кусочек окиси олова, по-видимому, специально приготовленной. Там же обнаружены и изделия из прозрачного стекла.

В Месопотамии были найдены стеклянные бусы эпохи древнего Ура (IV тысячелетие до н. э.). Очевидно, что к XVII в. до н. э. уже существовало развитое стекольное производство, о чем свидетельствуют таблички из библиотеки Ашшурбанапала. Найденная там рецептура относится к цветному стеклу. При раскопках в Восточной Палестине обнаружены печи для выплавки стекла, относящиеся к III тысячелетию до н. э. Существует мнение, что стекло в древности, появилось в результате развития техники глазуровки керамических изделий. Смеси для глазуровки и послужили исходным материалом для изготовления первых образцов стекол в виде мелких украшений, которые заменяли драгоценные камни. Все изделия были литыми. Выдувание стекла в древности не было известно. Оно, вероятно, было изобретено в Сидоне на пороге новой эры.

Изготовление керамики относится к числу наиболее древних ремесленных производств. Гончарные изделия обнаружены в древнейших культурных слоях поселений Азии, Африки и Европы. В глубокой древности появились и глазурованные глиняные изделия. Наиболее древние глазури представляли собой ту же глину, которая шла на производство гончарных изделий, тщательно растертую, видимо, с поваренной солью. В более позднее время состав глазурей был значительно усовершенствован. Туда входила сода и окрашивающие добавки окислов металлов. Рано появились и раскрашенные, но не глазурованные керамические изделия. Помимо производства глиняной посуды, развитого повсеместно, в странах Древнего мира получили распространение и другие керамические производства. Так, постройки месопотамских городов украшались орнаментированными плитками, служившими наружными кирпичами. Эти плитки делались следующим образом: на кирпич после легкого обжига наносился контур рисунка расплавленной стеклянной черной нитью. Затем окаймленные нитью площадки заполнялись сухой глазурью, и кирпичи подвергались

## Название дисциплины

вторичному обжигу. При этом глазурная масса остекловывалась и прочно связывалась с поверхностью кирпича. Такая разноцветная глазурь, в сущности, представляла собою род эмали и обладала большой долговечностью. Образец такой глазурованной различными цветами керамики хранится в Берлинском музее "Пергамон" и представляет собой изображения львов, драконов, быков, воинов. Изображения, выполненные в ярких синих, желтых, зеленых и других тонах, превосходно сохранились до нашего времени. Повидимому, этот способ лег в основу покрытия разноцветной эмалью металлических изделий (выемочная эмаль).

В 332 г. до н. э. Египет в числе других стран Древнего мира был покорен войсками Александра Македонского (356-323 гг. до н. э.). В следующем году в дельте Нила был заложен город Александрия. Город этот благодаря выгодному географическому положению быстро вырос и сделался крупнейшим торговым и промышленно-ремесленным центром Древнего мира. После смерти Александра Македонского и распада его империи в Египте воцарился один из полководцев македонян Птолемей Сотэр, основавший династию Птолемеев.

В Египте поселилось много ученых и ремесленников-греков, которые овладели знаниями и практическим опытом египетских мастеров и жрецов и внесли свой вклад в дальнейшее развитие античной ремесленной техники. В Египте в этот исторический период, получивший название "эллинистический", скрестились знания и практический опыт двух древнейших культур: египетской и древнегреческой. Поселившиеся в Египте пришельцы-завоеватели – эллины (греки) получили доступ к накопленным в течение тысячелетий секретам египетской ремесленной техники, к рецептурной литературе, касающейся добычи и переработки драгоценных металлов и камней. Сами же греки принесли в Египет и свои обширные знания и опыт, также накопленные в течение длительного времени, начиная с критской и микенской культур.

Новые владельцы Египта Птолемеи, подражая прежним фараонам и деспотам восточных империй, завели роскошный двор, окружив себя искусными врачами, учеными и астрологами. В качестве придворного учреждения Птолемеи учредили Александрийскую Академию, вначале построенную по образцу Платоновской Академии. При Академии был организован музей (Дом муз), в котором были собраны различные редкости, а также богатейшая в Древнем мире библиотека из 10 000 рукописей. Почти тысячелетнее существование Александрийской Академии представляет собою одну из важнейших страниц истории науки. Здесь бы-

ло сделано немало открытий, особенно в области механики, военной техники и физики, а также в области медицины. К сожалению, Александрийскую библиотеку сожгли римляне при завоевании Египта, и почти все рукописи погибли.

### 3.3. Восстановительные технологии при ремонте

Учитывая, что сам ремонт является единственным восстановительным мероприятием, восстановительные технологии в нём занимают по праву центральное место. Ремонтное предприятие, ограничивающееся только разборкой-сборкой и заменой запчастей, будет всего лишь сервисным, и с точки зрения ремонта, затратно и неэффективно. О потенциале и возможностях ремонтного предприятия судят по мощностям восстановления, составу и совершенству восстановительного оборудования.

Методы восстановления:

- 1) восстановление целостности деталей;
- 2) восстановление формы поверхностей;
- 3) восстановление размера детали;
- 4) восстановление посадок (подвижных соединений);
- 5) восстановление абразивных поверхностей рабочих органов;
- 6) восстановление свойств поверхности деталей.

Восстановление целостности формы поверхностей – это классические меры устранения повреждений. Восстановление размеров и посадок, абразивных поверхностей – это меры борьбы с износом. Восстановление свойств поверхности – это мера борьбы с усталостными повреждениями и износом.

#### 3.3.1. Восстановление целостности деталей

Для этих целей применяют сварку электрическую, газовую, пайку и склеивание.

Сваркой исправляют детали с изломом, трещинами и отколами. Широкое использование сварки при ремонте объясняется тем, что сварочные работы можно быстро выполнить в различных условиях и с высокой производительностью. Вместе с тем сварка имеет свои недостатки: нарушается структура металла, в зоне термического влияния появляются местные напряжения, вызывающие коробление деталей и другие дефекты.

При ремонте и восстановлении стальных и чугунных деталей машин применяют электродуговую сварку и газовую

сварку ацетилено-кислородным пламенем.

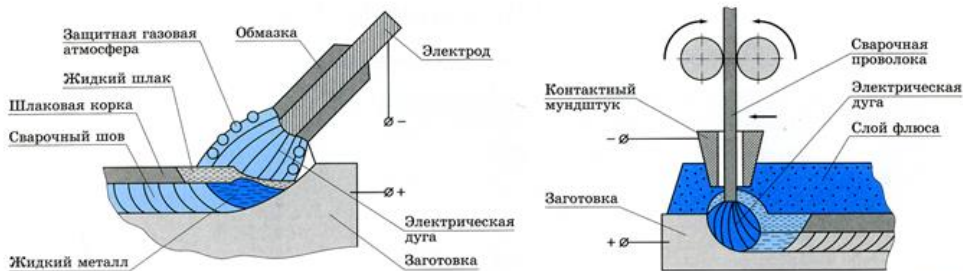
Электродуговая сварка стальных деталей. При электродуговой сварке места стыка деталей расплавляются теплом электрической дуги, образующейся между свариваемой деталью и металлургическим электродом. На ремонтных работах для мало- и среднеуглеродистых сталей применяются обычно электроды. В качестве источников питания на ремонте и монтаже предприятий применяют сварочные трансформаторы, сварочные преобразователи.

Режим ручной электродуговой сварки определяется диаметром и типом электрода, числом проходов для полного заполнения и разделки кромок, величиной сварочного тока, напряжением в дуге, скоростью сварки, родом тока (постоянный или переменный) и полярностью (присоединением детали к отрицательному или положительному полю).

На ремонтно-механических заводах применяют механизированные электродуговые способы сварки: полуавтоматическую в среде защитного газа (диоксида углерода, аргона и др.), автоматическую под слоем флюса и контактную (точечную или роликовую), рис.3.3.1. Сварку в среде диоксида углерода (углекислого газа) проводят электродной проволокой  $\varnothing 0,8-2,0$  мм. Для сварки в среде диоксида углерода используют полуавтоматы.

Полуавтоматическая сварка в среде диоксида углерода имеет следующие преимущества: производительность в 1,5–2 раза выше, чем при ручной дуговой сварке, высокая концентрация тепла дуги, малое коробление изделий, низкая чувствительность к ржавчине, высокая стабильность процесса, хороший внешний вид шва и отсутствие шлака. Полуавтоматическая сварка деталей из малоуглеродистых и низколегированных сталей без применения защитного газа ведется с применением порошковой проволоки. Для этого вида сварки применяют полуавтоматы и электроды, изготавливающиеся из металлического порошка.

Название дисциплины

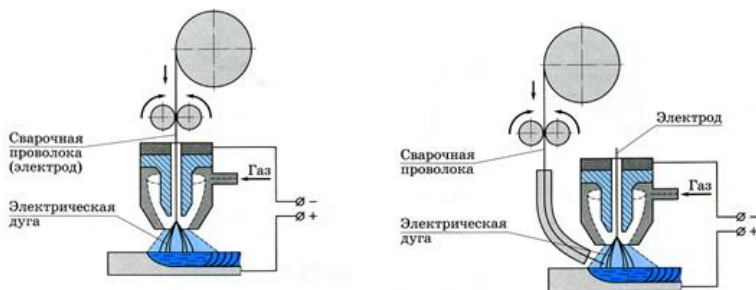


1

2

*в среде диоксида углерода*

*в среде диоксида аргона*



3

Рис. 3.3|1. Схемы электродуговой сварки:

1 – схема процесса; 2 – под слоем флюса; 3 – в среде защитных газов

Основные преимущества сварки порошковой проволокой следующие: высокая производительность сварки, улучшенные механические свойства металла шва и малая токсичность выделяющихся при сварке пыли и газов.

Автоматическую сварку под слоем флюса проводят электро-дуговым способом – плавящимся металлическим электродом (электродной проволокой без обмазки).

Контактная (точечная или роликовая) электрическая сварка. Применяется при изготовлении и ремонте деталей из стали толщиной от 0,6 до 2,0 мм. Для контактной точечной сварки применяют электро-сварочные машины.

Газовая сварка. Используют преимущественно при изготовлении и ремонте деталей из тонколистовой стали (толщиной до 3 мм), из проката цветных металлов, а также при ремонте литых изделий из чугуна. Газом для сварки служат ацетилен или его заменители, сжигаемые в струе кислорода. Кислород смешивают с ацетиленом и получают пламя в сварочных горелках. Наиболее распространены горелки ГС-2 и «Москва».

Детали из чугуна могут быть восстановлены при помощи электродуговой и газовой сварки (рис. 3.3.2). Сварку проводят без предварительного подогрева деталей, с местным подогревом и с полным подогревом всей детали.

Без подогрева восстанавливают такие детали, у которых завариваемый участок может свободно расширяться, а при охлаждении сжиматься. Этот способ сварки чугуна применяют для восстановления неотчетливых деталей простой формы. При электродуговой сварке деталей без подогрева лучшие результаты дают электроды  $\cdot$  3–4 мм при сварке постоянным током обратной полярности (деталь соединена с отрицательным полюсом).

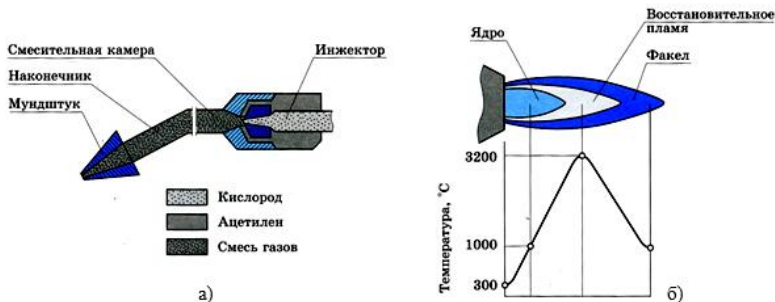


Рис. 3.3.2. Схемы газовой сварки:

а – устройство газосварочной горелки; б – строение газового пламени

Электродуговая сварка деталей из серого чугуна с подогревом ведется чугунными электродами марки Б со специальной обмазкой. Свариваемые детали нагревают до температуры 500–700°C в печах или горнах с применением древесного угля. Этим способом заваривают крупные раковины, приваривают отломанные части.

При газовой сварке крупных чугунных деталей их подогревают в печах или горнах до температуры 500–700°C (горячая сварка). Возможен местный прогрев детали, когда нагревают горелками только завариваемое место. В качестве присадочного материала применяют чугунные прутки 0,4–12 мм марок А и Б, имеющие повышенное содержание углерода и кремнезема.

Обязательно используют флюс для расщепления тугоплавких окислов, например, состоящий из 50 % плавленной буры, 47 % двууглекислого натрия и 3 % кремнезема.

После газовой сварки во избежание трещин шов детали, а при горячей сварке всю деталь необходимо медленно охлаждать (вместе с печью или под слоем золы). Ковкий чугун плохо поддается сварке. Его необходимо сваривать электродами  $\varnothing$  3–4 мм из цветного металла постоянным током обратной полярности.

Склеивание. Процесс склеивания отличается простой технологией, сравнительно низкой себестоимостью, прочностью и надежностью. С помощью клеев заделывают трещины в корпусных деталях, накладывают заплаты, крепят тонкостенные втулки, восстанавливают отверстия шкивов и выполняют другие работы. Склеенные детали обрабатывают на металлорежущих станках, металлизуют и хромируют. При ремонтных работах применяют разные клеи: карбинольный клей, клей типа БФ, эпоксидный клей и др. (рис. 3.3.3).

Карбинольный клей. Готовый клей стеклянной палочкой наносят на подготовленные поверхности деталей, затем эти поверхности соединяют, слегка притирая, чтобы вытеснить воздух. Процесс затвердевания длится 2–3 сут. при температуре 10–15 °С и 4–6 ч при температуре 55–60 °С.

Универсальный клей типа БФ. Для восстановления металлических деталей используют клей БФ-2. При помощи этого клея заделывают трещины в малоответственных местах чугунных корпусов и упрочняют неподвижные соединения.

Клей наносят на обе склеиваемые поверхности в два-три слоя. Первый слой должен сохнуть на воздухе 50–60 мин при температуре 15–20 °С и дополнительно 15 мин при температуре 55–60 °С. После нанесения второго слоя клея детали выдерживают на воздухе в течение 1 ч, а затем при температуре 55–60 °С в течение 15 мин. Соединяемые детали прижимают одну к другой и выдерживают под прессом в течение 2–3 ч при температуре 130–160 °С.

Эпоксидный клей. Склеивание эпоксидным клеем проводят следующим образом. Гладкие поверхности деталей перед склеиванием зачищают наждачной бумагой № 80–150, затем протирают ацетоном или спиртом. Подготовку поверхностей заканчивают за 5 минут до склеивания, чтобы не образовались окиси и загрязнения. Особенно тщательно надо обезжировать поверхности деталей чугуна.

Название дисциплины

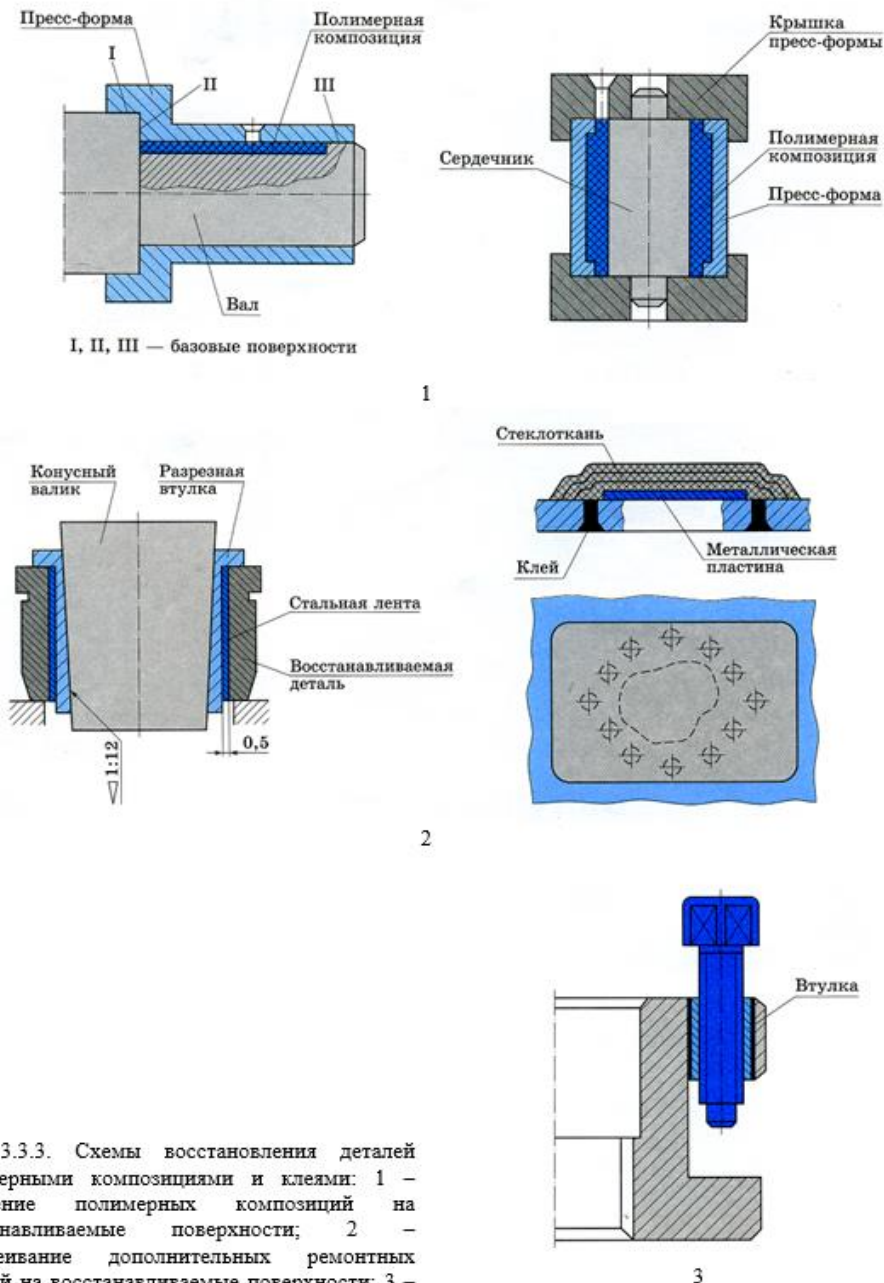


Рис. 3.3.3. Схемы восстановления деталей полимерными композициями и клеями: 1 – нанесение полимерных композиций на восстанавливаемые поверхности; 2 – приклеивание дополнительных ремонтных деталей на восстанавливаемые поверхности; 3 – установка втулки на клей



## Название дисциплины

После испарения растворителя на обе соединяемые поверхности кистью или шпателем наносят слой клея толщиной не более 1 мм и затем соединяют поверхности. При этом надо правильно их расположить, удалить пузырьки и равномерно распределить клей по шву. После этого детали выдерживают под давлением 5 МПа до полного отверждения клея. Время выдержки составляет 24 ч при температуре 20–30 °С.

**Пайка.** В ремонтной практике пайку используют для соединения деталей, изготовленных из тонколистовой стали, заделки трещин в тонкостенных резервуарах, крепления пластинок твердых сплавов в режущем инструменте и т. п.

В зависимости от назначения соединения применяют пайку мягкими и твердыми припоями.

Пайка мягкими припоями (температура плавления ниже 400 °С). Такие припои состоят из легкоплавких металлов (олово, свинец) и некоторого количества примесей: сурьмы, висмута и мышьяка). Их используют для получения соединений, от которых требуется не прочность, а только герметичность.

Для лучшего сцепления основного металла с припоем и защиты их от окисления при паяльных работах используют различные флюсы (хлористый цинк, хлористый аммоний с крахмалом). Для пайки мягкими припоями применяют периодически нагреваемые молотки торцовые и угловые) массой от 0,4 до 1,0 кг. Их нагревают до температуры 250–600 °С в печи или в пламени газовой горелки.

Технологический процесс пайки мягкими припоями включает следующие операции: механическую очистку мест деталей, подлежащих паянию, подгонку их друг к другу (обычно напильником), облуживание и покрытие флюсом мест спайки деталей, облуживание паяльника, прогрев места пайки до температуры плавления припоя, введение припоя в зону пайки и обработку шва от наплывов (напильником или наждачной бумагой) с последующей промывкой водой.

Пайка твердыми припоями (температура плавления свыше 600 °С). Применяют в тех случаях, если место пайки должно выдерживать сравнительно большие нагрузки (например, для крепления к резцам пластинок твердых сплавов). К твердым припоям относят медно-цинковые и серебряные.

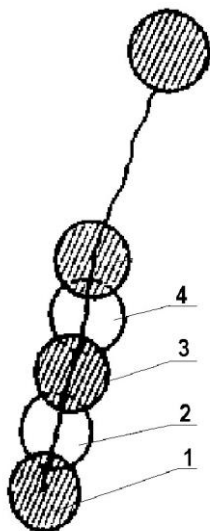


Рис. 3.3.4. Схема заделки трещин штифтами

При паяльных работах с твердыми припоями в качестве флюсов применяют обезвоженную порошковую буру для медно-цинковых припоев и фтористый натрий – для серебряных припоев. При пайке твердыми припоями место спая готовят так же, как и при пайке мягкими припоями. Место спая покрывают флюсом и накладывают припой, смешанный с бурой. После этого нагревают деталь до температуры плавления припоя (в печи, горне или паяльной лампой). Шов должен быть припаян равномерно по всей длине; если припой плохо расходуется по шву, на него насыпают флюс. После паяния оставшийся на швах флюс удаляют кипячением в течение 10–15 мин в растворе, содержащем 10% каустической соды, 5% машинного масла и 85 % воды. Затем изделие промывают в воде, протирают ветошью и сушат.

Лужение – это промежуточная операция при паянии, заключающаяся в покрытии металлических поверхностей и конца паяльника тонким слоем полуды для их защиты от окисления. При облуживании применяют вещества для травления металлических поверхностей (разбавленную серную или соляную кислоту, купоросное масло), флюсы (хлористый цинк, нашатырь и канифоль), а в качестве полуды – сплав олова с цинком.

Преимущества ремонта пайкой: малая температура соединяемых деталей, позволяющая сохранить структуру их материала,

химический состав и механические свойства без изменений; простота последующей обработки; сохранение точных размеров и формы деталей; высокая прочность соединения; большая производительность; дешевизна процесса.

**Заделка трещин штифтованием.** В неотчетственных частях деталей эту работу выполняют следующим образом. Поверхность в зоне трещины зачищают на ширину 20 мм, а концы ее засверливают под резьбу  $\varnothing$  4–6 мм для предотвращения развития трещины (рис.3.3.4). Затем размечают и накернивают отверстие 3 с таким расчетом, чтобы следующее отверстие 2 перекрывало отверстия 1 и 3 на  $1/3$  диаметра. Отверстие 3 сверлят под резьбу  $\varnothing$  4–5 мм. В отверстиях 1 и 3 нарезают резьбу и закручивают медные штифты, концы которых срезают. Далее сверлят отверстие 4, нарезают в нем резьбу и вкручивают штифт. В таком же порядке ставят штифты по всей трещине. Концы штифтов расчеканивают и зашлифовывают.

**Постановка заплат.** Если нужно заделать трещину или пробоину больших размеров, на нее устанавливают заплату. Так же, как и при ремонте методом штифтования, края такой трещины или пробоины зачищают, а их острые концы спиливают. Заплату толщиной 2–5 мм изготавливают по форме закрываемого отверстия с припуском на 25–30 мм по всему периметру. Для заплаты используют медь, латунь, алюминий, реже мягкую низкоуглеродистую сталь. По периметру заплаты, отступая по 10 мм от борта, просверливают и раззенковывают отверстия  $\varnothing$  4–5 мм. Затем заплату подгоняют к поверхности детали обжатием или простукиванием и закрепляют при помощи струбцин или бандажей и привинчивают. Через имеющиеся в заплате отверстия сверлят и нарезают отверстия в детали. После этого привинчивают заплаты к детали на прокладке из картона или материи, пропитанной суриком. К стальным деталям допускается крепление заплат на заклепках.

### 3.3.2. Восстановление формы и размеров деталей

Для восстановления формы применяют следующие приемы:

- осаживание прессом (уменьшение диаметра),
- вдавливание (увеличение диаметра),
- обдавливание (изменение длины),
- обжатие (уменьшение наружного диаметра),
- ремонт пластическим деформированием,
- упрочнение поверхности,

## Название дисциплины

- термическая обработка – наплавка,
- металлизация (напыление, хромирование, меднение и никелирование),
- восстановление добавочными элементами,
- рихтовка (еще применяется термический метод).

Ремонт пластическим деформированием. Этот способ основан на способности металла изменять свою форму и размеры под действием нагрузки в результате остаточной деформации без разрушения.

В зависимости от направления действующей силы и направления деформации различают следующие виды ремонта деталей методом пластической деформации (рис. 3.3.5): правку, осадку, раздачу, обжатие, вытяжку, вдавливание, накатку, обкатку и гибку.

Правка. Правкой восстанавливают первоначальные формы деталей (элементы металлоконструкций, валы, оси, тяги, рычаги и др.), нарушенные вследствие остаточной деформации. В зависимости от степени деформации и конструкции детали правят с нагревом или в холодном состоянии на прессах, молотах, с помощью винтовых, гидравлических универсальных и специальных приспособлений, а также чеканкой.

При правке без нагрева у стальных деталей остаются значительные внутренние напряжения, в результате чего после правки они постепенно принимают первоначальную форму. Для устранения этих напряжений детали после правки подогревают до температуры 400...450 °С в течение часа или при температуре 250...300 °С в течение нескольких часов.

Осадка. Применяют для увеличения наружного и уменьшения внутреннего диаметра в результате их укорачивания. Осадкой (на прессах, винтовых приспособлениях и т. п.) восстанавливают втулки, шлицевые концы полуосей и другие детали при изменении линейных размеров в результате износа не более чем 1%. Уменьшение высоты детали при осадке допускается в пределах от 8 до 12 % от ее первоначальной величины. Во втулки со смазочными канавками и каналами перед осадкой закладывают стальные вставки.

Раздача. Позволяет устранять изнашивание по наружному диаметру в результате увеличения внутреннего диаметра. Раздачу используют для ремонта пальцев при изношенной наружной поверхности, шлицев и других деталей. Изношенные пальцы с отверстиями правильной геометрической формы ремонтируют раздачей в приспособлении с пуансоном. Перед раздачей детали

обжигают для придания им пластичности.

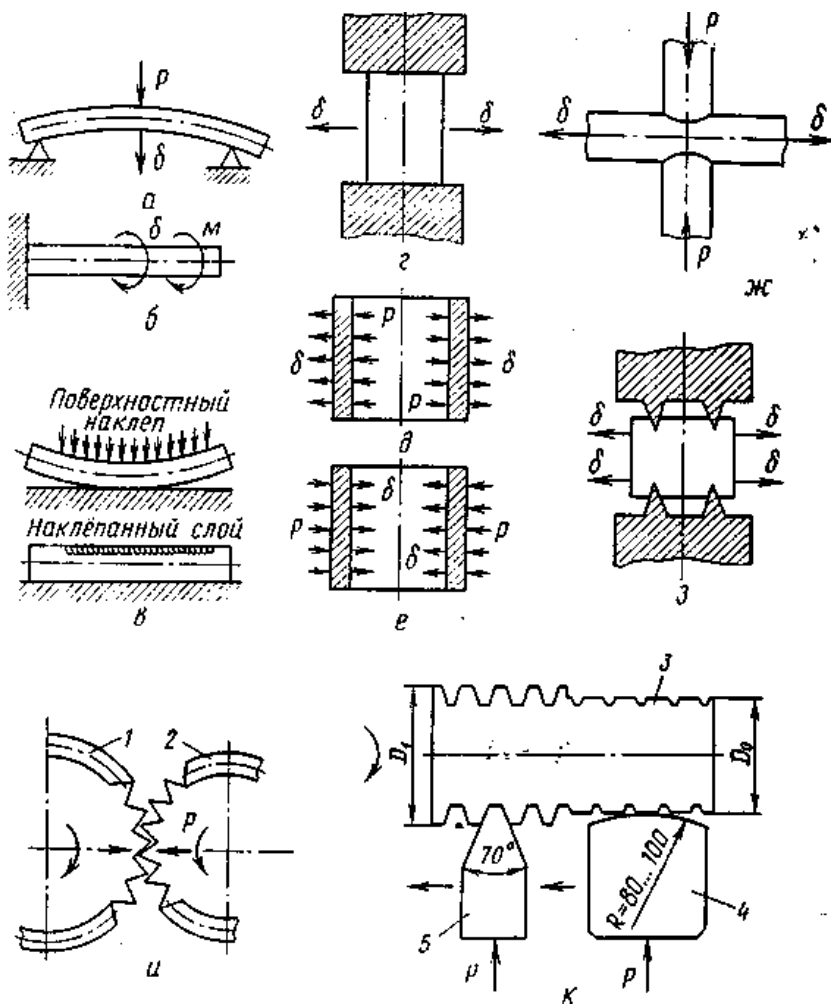


Рис. 3.3.5. Схемы ремонта деталей пластическим деформированием:

а – правка изогнутой детали; б – правка скрученной детали; в – наклей; г – осадка; д – раздача; е – обжатие; ж – вытяжка; з – вдавливание; и – накатка; к – высадка и сглаживание; 1 – накатываемая деталь; 2 – ролик; 3 – деталь; 4 – сглаживающая пластина; 5 – высаживаемый ролик;  $D_1$  – диаметр после высадки;  $D_0$  – диаметр после сглаживания

Обжатием восстанавливают внутренний диаметр детали в результате уменьшения наружного диаметра. Обжатием ремонтируют втулки стальные и из цветного металла, вилки, пружины, корпуса гидронасосов и другие детали. Втулки обжатием ремонтируют под прессом без нагрева.

Вытяжка. Это частный случай осадки, при которой длина детали увеличивается в результате уменьшения ее сечения. Вытяжку применяют для удлинения тяг или других деталей на небольшую величину.

Вдавливание. Применяется для увеличения размера наружных поверхностей вследствие перемещения материала детали с ее нерабочей поверхности на изношенную. Этим способом восстанавливают тарелки клапанов при износе их рабочей фаски, изношенные боковые поверхности шлицев, шестерни при изнашивании по профилю зуба.

Накатка. Применяют для увеличения наружных или внутренних размеров деталей в результате перераспределения металла на поверхности. Накатку зубчатым роликом проводят при восстановлении посадочных мест (твердостью до НВ 40) под обоймы подшипников, изношенных шеек валов и т. д.

Обкатка. Она заключается в силовом воздействии твердого ролика или шарика на обрабатываемую поверхность. Обкаткой можно восстанавливать, благодаря наклепу, упругие детали типа пружин.

Гибка. Ее применяют для изготовления деталей из полосового, пруткового и трубчатого материала.

Все перечисленные методы осуществляются за счет пластического деформирования деталей. Они могут быть реализованы различными устройствами (рис. 3.3.6).

Название дисциплины

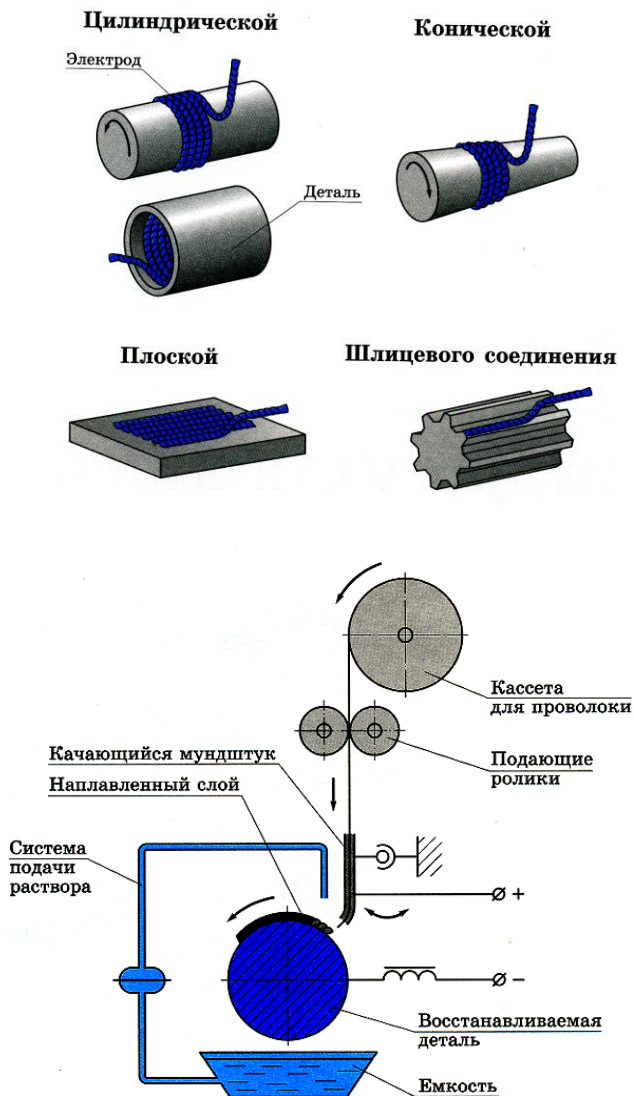


Рис. 3.3.6. Схемы устройств для пластического деформирования деталей

Наплавка. Изношенные детали изменяют размеры. Работоспособность деталей с изнашиванием сопрягаемых поверхностей может быть восстановлена двумя методами ремонта: под номи-

нальный и под новый – ремонтный размер. И в том, и в другом случае должна быть проведена восстановительная наплавка, т. е. нанесение слоя металла на изношенную поверхность (рис.3.3.7).

Подготовка деталей под наплавку заключается в тщательной очистке их от грязи, ржавчины и лакокрасочных покрытий до появления металлического блеска.

Крупные детали перед наплавкой нагревают. Процесс наплавки ведут в один или несколько слоев. В последнем случае наплавляемые слои металла (валики) должны перекрывать друг друга. Значительно повышает износоустойчивость быстро изнашивающихся деталей наплавка электродами ЦС-1, ЦС-2 и твердыми сплавами типа сормайт, № 1 и № 2. Выпускаемые в виде прутков  $\varnothing$  5–7 мм электроды ЦС-1, ЦС-2 наплавляют ацетиленокислородным пламенем или электрической дугой на изношенную закаленную поверхность небольших деталей, не подвергающихся изгибающим усилиям.

На ремонтно-механических заводах и в крупных мастерских используют полуавтоматическую и автоматическую наплавку под слоем флюса и в среде защитных газов. Для полуавтоматической и автоматической наплавки под слоем флюса применяют аппараты А-482, А-580М и др. – для наплавки деталей цилиндрической формы и аппараты АСД-1000, АВС-ПШ-5 и др. – для наплавки плоских поверхностей деталей.

Газопорошковую наплавку используют при восстановлении чугунных деталей. Сущность этого способа заключается в том, что подлежащую наплавке поверхность нагревают при помощи специальной горелки ацетиленовым пламенем до 300–400 °С. Затем горелкой подают порошкообразный сплав, его расплавленные частицы образуют на поверхности детали пленку толщиной 0,1–3 мм.



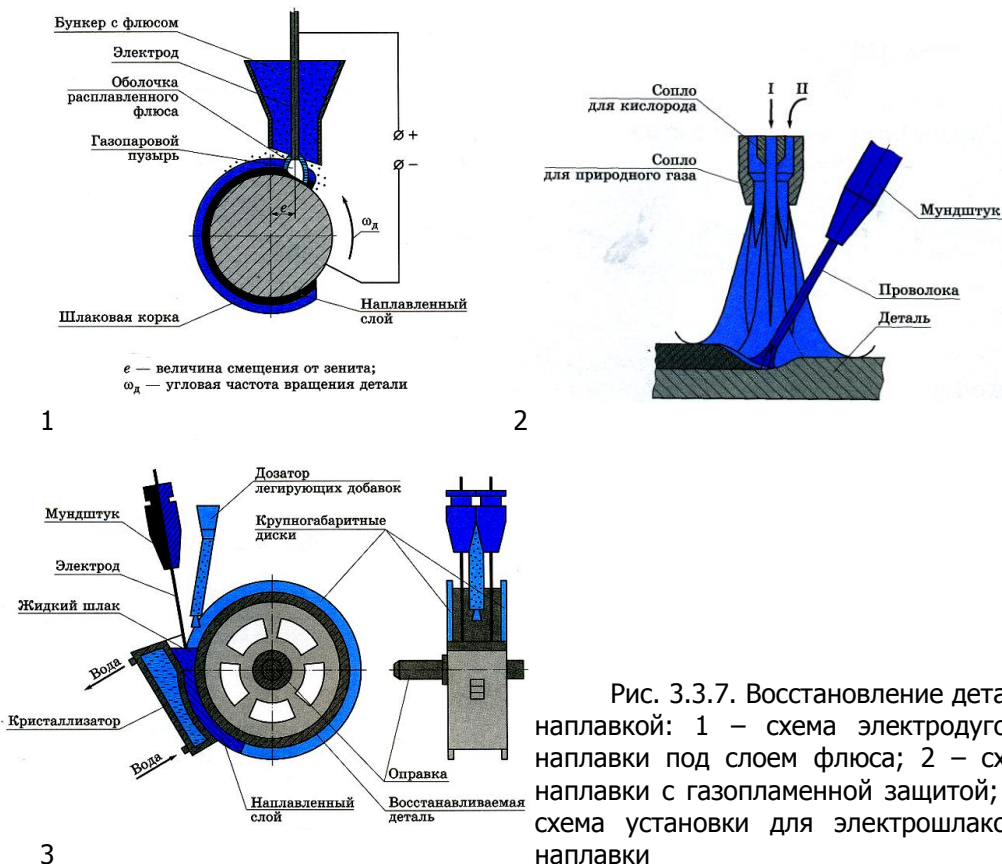


Рис. 3.3.7. Восстановление деталей наплавкой: 1 – схема электродуговой наплавки под слоем флюса; 2 – схема наплавки с газопламенной защитой; 3 – схема установки для электрошлаковой наплавки

Плазменная наплавка заключается в использовании для расплавления наплавляемого металла плазменной струи, возникающей в результате обдува электродуги соосным потоком газа.

В качестве плазмообразующего газа применяют аргон, а защитного – аргон и азот при наплавке стали медными сплавами, азот и смесь аргона с азотом – при наплавке стали износостойкими сплавами. В качестве присадочных материалов используют электродную проволоку или специальные порошки.

**Металлизация.** Металлизацией называют процесс нанесения на изношенную поверхность детали расплавленного металла в мелкораспыленном состоянии. Нарращиваемый металл в виде проволоки  $\varnothing 1-3$  мм поступает в металлизационный аппарат (рис. 3.3.8, 3.3.9), где расплавляется электрической дугой электрометаллизатора (ЭМ-12, ЭМ-66) или токами высокой частоты, либо

## Название дисциплины

ацетиленокислородным пламенем газового металлизатора (МГИ-2, МГИ-5).

Мельчайшие металлические частицы размером 15–20 мкм, выброшенные металлизатором со скоростью 140–300 м/с, вкрапливаются в поверхность детали и прочно с ней сцепляются, а также между собой, образуя сплошное покрытие.

Металлизацию используют для восстановления изношенных деталей цилиндрической формы (вкладышей, втулок, шеек валов подшипников и т. п.), исправления литейных дефектов (например, заделки раковин, трещин), восполнения недостающей массы при балансировке деталей, защиты от коррозии и нанесения антифрикционных износостойких покрытий.

Название дисциплины

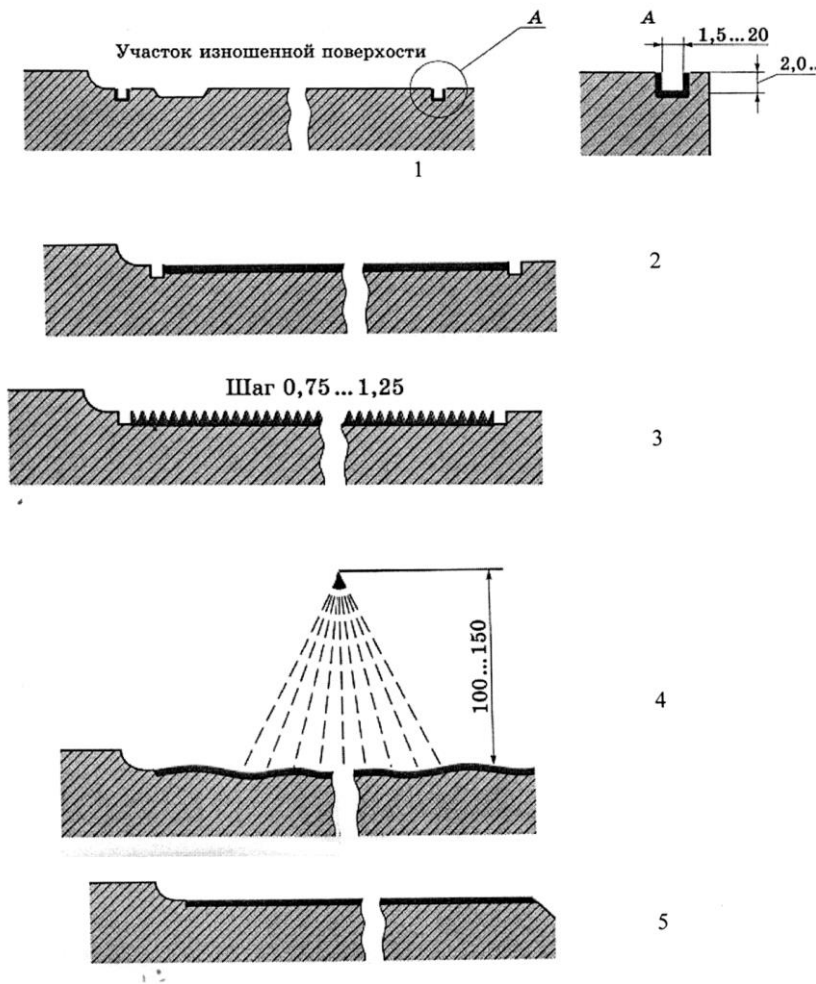


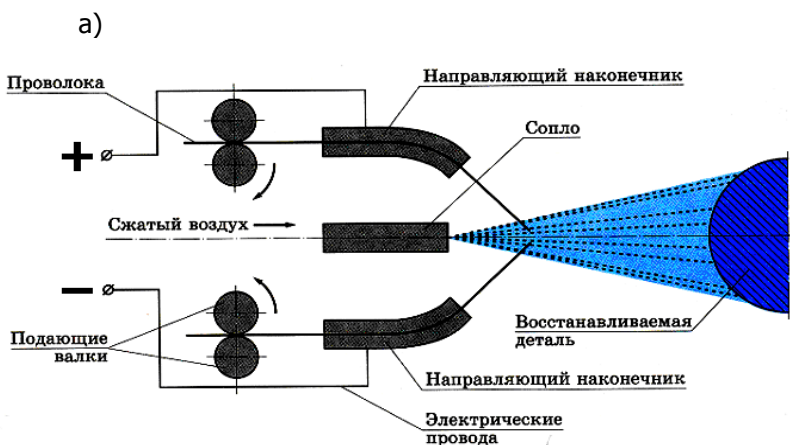
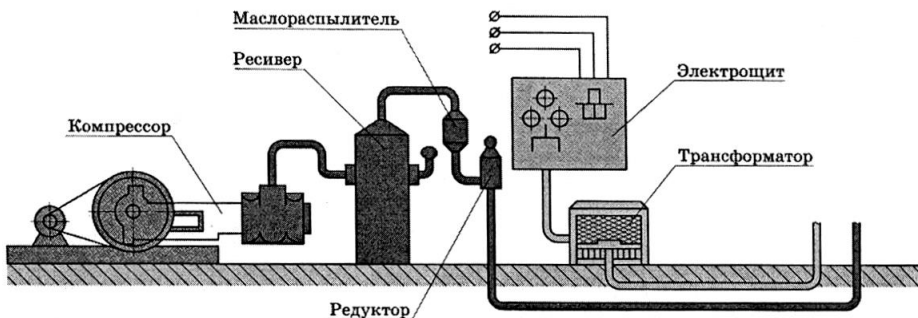
Рис.3.3.8. Технологический маршрут металлизации:

1 – протачивание канавок по границам изношенной поверхности; 2 – протачивание изношенной поверхности до удаления следов износа; 3 – нарезание рваной резьбы на обработанной поверхности; 4 – нанесение металлического покрытия; 5 – точение и шлифование полученного покрытия до заданного размера

Для восстановления металлизацией поверхностей стальных деталей под неподвижные посадки используют малоуглеродистую проволоку из сталей 8, 10, 20, а для восстановления деталей, работающих в подвижных соединениях, – высокоуглеродистую про-

волоку из сталей У7, У7А, У8, У8А, отожженную при температуре 760 °С в электрической печи.

Перед металлизацией поверхности детали очищают от масла, грязи, промывают бензином, керосином или в моечных машинах. Затем деталям придают правильную геометрическую форму, поверхность делают шероховатой для лучшего сцепления с расплавленными частицами металла. Шероховатость поверхностей деталей создают одним из следующих способов: на цилиндрических деталях нарезанием на токарном станке рваной резьбы, на плоских поверхностях – насечкой зубилом с последующей обработкой драчевыми напильниками.



Стрелками показано направление движения  
б)

Рис. 3.3.9. Восстановление деталей металлизацией: а – общий вид установки; б – рабочая зона

Закаленные детали подготавливают электроискровым способом.

Поверхности деталей, не подлежащих металлизации, защищают листовой сталью, картоном или изоляционной лентой, а пазы и отверстия – деревянными пробками. Цилиндрические поверхности деталей металлизуют на токарных станках, плоские – в специальных камерах. При металлизации на токарных станках деталь получает вращательное движение с окружной скоростью от 15 до 20 м/мин.

Нанесение слоя металла на изношенную поверхность детали можно осуществить и методом напыления (рис. 3.3.10).

Если на поверхность ремонтируемой детали нужно нанести тонкий слой металла без последующей механической обработки, то применяют электролитическое и химическое наращивание.

Хромирование – наиболее эффективное покрытие, так как обладает высокой твердостью, большой износостойкостью, низким коэффициентом трения и высокой коррозионной стойкостью. Из-за отслаивания хрома нельзя хромировать детали, работающие с ударной нагрузкой (например, зубья колес).

Хромирование применяют для восстановления рабочих поверхностей валов, шпинделей и других подобных деталей с небольшим износом (до 0,2 мм), а также в качестве защитного покрытия от коррозии и для декоративного покрытия. Различают гладкое и пористое хромирование. Гладкое хромирование обеспечивает плотное покрытие. Его используют для восстановления размеров деталей, образующих неподвижные посадки, и для антикоррозионных покрытий.

Название дисциплины

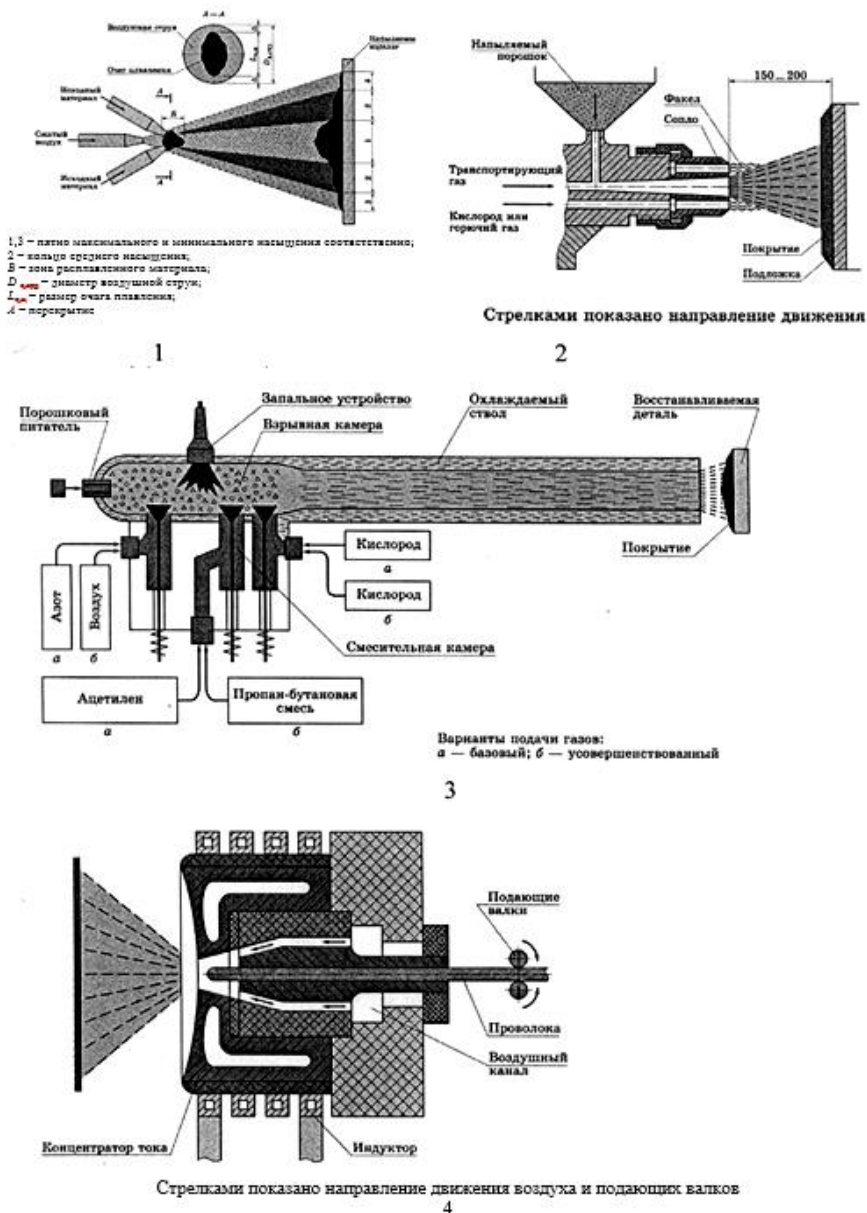
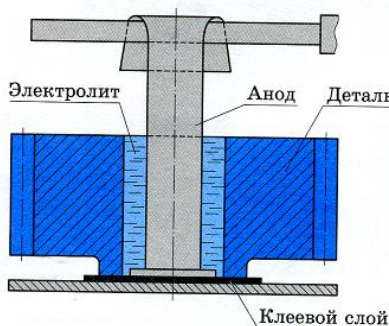


Рис. 3.3.10. Восстановление деталей напылением:

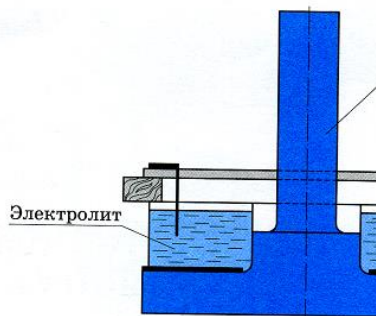
1 – схема напыления; 2 – схема установки газопламенного напыления;  
 3 – схема установки детандационного напыления; 4 – схема установки индуктивного напыления  
 Хромирование проводят в ванне (рис. 3.3.11), состоящей из двух баков, вставленных один в другой. На

. На бортах ванны крепят катодный и анодный стержни, к которым подвешивают свинцовые аноды и хромируемые детали. В качестве электролита используют состав, состоящий из 150–200 г хромового ангидрида, 1,8–2,5 г серной кислоты и 2,5–5 г трехвалентного хрома на 1 л дистиллированной воды. Установка получает питание от низковольтного генератора (6–12 В), дающего постоянный ток 500–1500 А.

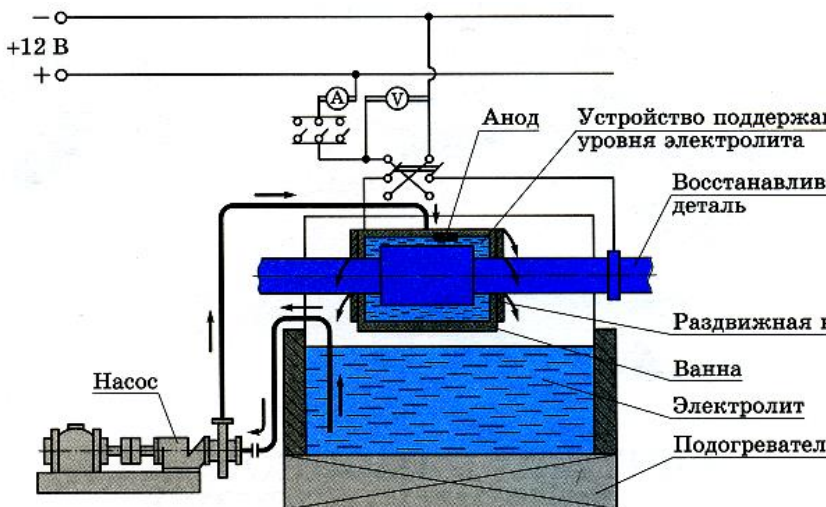
**Для хромирования внутренних поверхностей**



**Для хромирования наружных поверхностей**



1



Стрелками показано направление движения электролита

2

Рис. 3.3.11. Восстановление деталей нанесением гальванических покрытий.

Конструктивные схемы гальванических ванн: 1 – переносные; 2 – стационарные

Продолжительность процесса для получения слоя толщиной 0,1 мм от 2 до 3 ч. После хромирования детали промывают в дистиллированной воде, сушат в сушильном шкафу, термически и механически обрабатывают (шлифуют и полируют).

Пористое хромирование получают с порами  $\varnothing$  (0,04–0,06 мм), в которых задерживается смазка. Его применяют для повышения износостойкости трущихся частей при недостаточной смазке и для деталей, работающих при значительных удельных давлениях (шейки валов, поршневые кольца и другие детали). Искусственное создание пор достигается химическим и электрохимическим способами. При химическом способе детали, покрытые гладким слоем хрома толщиной до 0,1–0,12 мм, проходят кратковременное травление в разбавленной (1:1) соляной кислоте. При наиболее распространенном электрохимическом способе детали подвергают анодному травлению в стандартном электролите (220–250 г/л хромового ангидрида и 2,5 г/л серной кислоты)

Осталивание (железнение). Представляет собой такой же процесс, что и хромирование. При этом катодом является деталь, анодом служит малоуглеродистая сталь. Осталивание применяют для наращивания наружных и внутренних поверхностей деталей под неподвижные посадки с небольшим натягом и получения подслоя для тонкого хромового покрытия. Детали перед осталиванием подготавливают так же, как и перед хромированием.

Осталивание ведут в ваннах из керамики, кислотоупорного бетона или в металлических ваннах с кислотостойким покрытием. Наиболее пригодным для получения твердых покрытий является электролит, состоящий из смеси хлористого железа (200 г/л), хлористого натрия (100 г/л) и соляной кислоты (0,6–0,8 г/л). Температура электролита 60–80 °С, плотность тока 1,4 кА/м<sup>2</sup>, скорость процесса нанесения металла 0,15–0,20 мм в час.

После осталивания детали промывают в горячей воде и растворе соды, а затем нагревают до температуры 200–250 °С в течение 1,5–2 ч. Механическую обработку деталей проводят на токарном и шлифовальном станках. Основным достоинством по-



крытий, полученных осталиванием, является прочность сцепления металла покрытия с основным металлом.

Меднение и никелирование. Электролитические покрытия применяют главным образом как подслои (толщиной 0,01–0,02 мм) при декоративном хромировании. Меднение иногда используют для восстановления размеров деталей из бронзы и латуни (при толщине наращиваемого слоя до 0,2 мм). Технологический процесс меднения аналогичен процессу хромирования.

При меднении в качестве электролита используют сернокислую медь, серную кислоту и другие составы. После электролитического покрытия детали подвергают обработке (шлифуют, полируют).

Химическое наращивание слоя металла (никелирование) без помощи электрического тока служит для повышения износоустойчивости, защиты от коррозии и восстановления при ремонте деталей топливных насосов и гидравлической аппаратуры с небольшим износом. При химическом никелировании (без помощи тока) на детали осаждается никель – фосфорный слой – путем восстановления при помощи гипофосфата никеля из раствора его солей. Отличительной особенностью этого способа ремонта является высокая производительность по сравнению с электролитическим никелированием.

### 3.3.3. Восстановление деталей добавочными элементами

Сущность этого способа ремонта заключается в следующем. Изношенную часть детали механически обрабатывают или удаляют, после чего на нее устанавливают (в большинстве случаев на посадке с гарантированным натягом) или прикрепляют (сваркой, на резьбе и т. п.) к оставшейся годной части специально изготовленную дополнительную деталь. Отремонтированные поверхности детали обрабатывают под требуемый размер (в большинстве случаев под номинальный) и требуемую шероховатость.

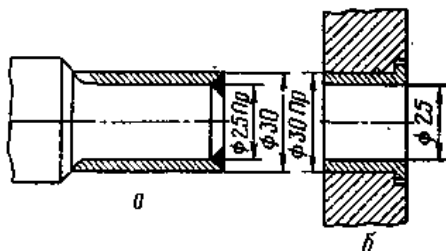


Рис. 3.3.12. Схема установки ремонтной втулки: а – на концевую шейку вала;

б – в отверстие подшипника

В качестве добавочных деталей применяют втулки, зубчатые венцы, пластины и другие детали необходимых размеров. На рис. 3.3.12 показана установка втулок на вал и в отверстие, а на рис. 3.3.13 – ремонт шестерен. Толщина стальных втулок при  $\varnothing$  20–30 мм рекомендуется 2–2,5 мм, а при  $\varnothing$  80–120 – 3–3,5 мм.

Для чугунных втулок толщина стенок должна быть в два раза больше.

Способ ремонта добавочными деталями имеет следующие преимущества: возможность ремонта детали со значительным изнашиванием, простота и сравнительная дешевизна сложных и дорогих деталей, высокое качество ремонта и доступность его широкого применения.

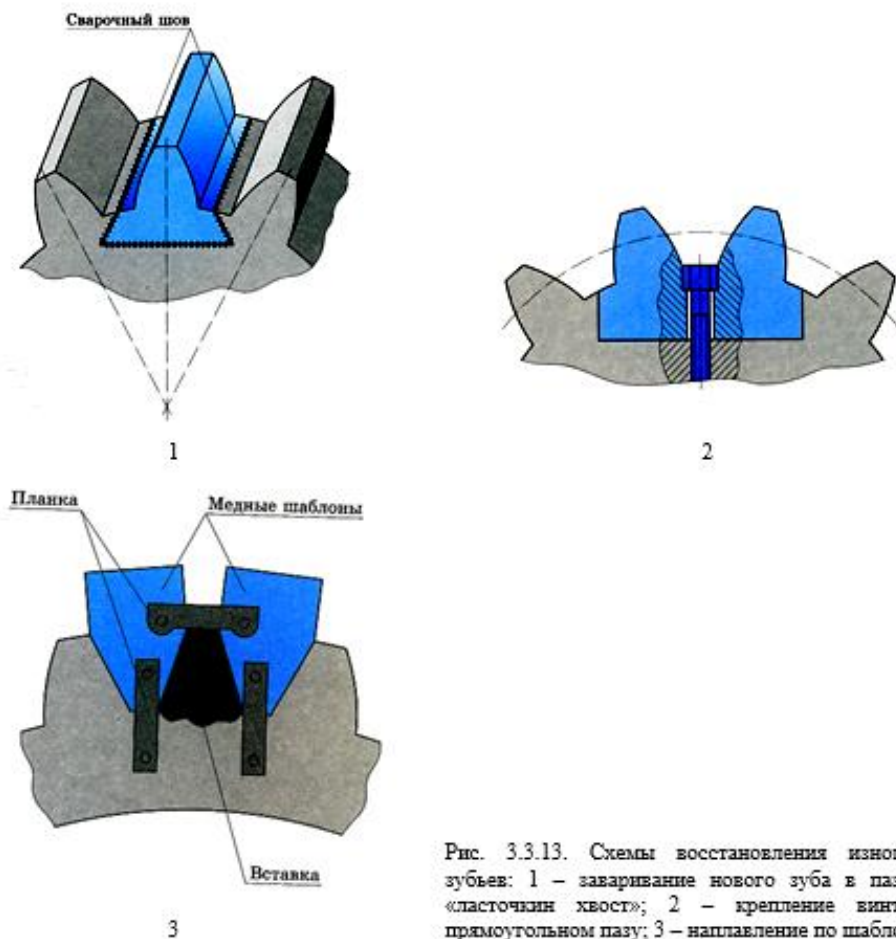


Рис. 3.3.13. Схемы восстановления изношенных зубьев: 1 – заваривание нового зуба в пазу типа «ласточкин хвост»; 2 – крепление винтами в прямоугольном пазу; 3 – наплавление по шаблонам

Этот способ ремонта имеет и свои недостатки: снижает прочность деталей класса валов, особенно работающих при знакопеременных нагрузках; его можно применять только в том случае, когда конструкция детали позволяет уменьшить диаметр вала или увеличить диаметр отверстия.

Метод ремонта под новый размер. Он характеризуется таким изменением размеров сопрягаемых деталей, при котором первоначальными сохраняются только расчетная посадка, точность и шероховатость поверхности детали.

Различают два способа ремонта под новый размер:

– первый – получение индивидуального размера, при кото-

ром более ценную и сложную деталь ремонтируют до устранения дефекта, а сопрягаемую с ней более простую и дешевую деталь или подгоняют под нее, или же делают заново;

– второй – получение заранее установленных размеров, отличных от номинального; при этом основную, то есть сложную и дорогую, деталь подвергают механической обработке до достижения заданного ремонтного размера, но с сохранением первоначальной точности и шероховатости обработки. Сопрягаемую, более простую и дешевую, деталь изготавливают заново или ремонтируют наращиванием с последующей механической обработкой под ремонтный размер. При втором способе ремонта достигается взаимозаменяемость деталей в пределах данного ремонтного размера.

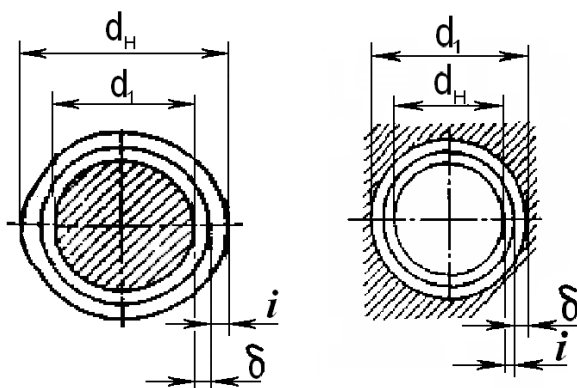


Рис. 3.3.14. Схема определения величины ремонтного размера:

а – вала; б – отверстия подшипника

Ремонтные размеры устанавливают в зависимости от изнашивания детали и припуска на механическую обработку. Для цилиндрических поверхностей ремонтные размеры могут быть определены с помощью формул:

для вала (рис. 3.3.14,а)

$$d_1 = d_n - 2(i + \delta);$$

$$d_2 = d_1 - 2(i + \delta);$$

$$d_n = d_{n-1} - 2(i + \delta);$$

для отверстия (рис. 3.3.14,б)

$$d_1 = d_n + 2(i + \delta);$$

$$d_2 = d_1 + 2(i + \delta);$$

$$d_n = d_{n-1} + 2(i + \delta),$$

где  $d_n$  – номинальный размер;  $d_2$  – первый ремонтный размер;  $d_n$  – второй ремонтный размер;  $d_n$  – последний ремонтный размер;  $i$  – величина износа на сторону;  $\delta$  – припуск на обработку на сторону.

## Название дисциплины

Приведенные формулы справедливы для случая равномерного износа вала и сохранения его центра. При несимметричном износе величину  $\delta$  следует учитывать по максимальному износу.

Разность между двумя ремонтными размерами называется ремонтным интервалом и определяется по формуле

$$Y = 2(i + \delta).$$

Число ремонтных размеров можно определить:

для валов

$$n_{рв} = (d_n - d_n) / \gamma;$$

для отверстий

$$n_{ро} = (d_n - d_n) / \gamma.$$

Преимуществом метода ремонтных размеров является увеличение срока службы основных деталей, возможность восстановления деталей в небольших мастерских, оснащенных оборудованием для механической обработки.

Недостаток этого метода состоит в увеличении номенклатуры деталей, подлежащих изготовлению или приобретению, снижении износостойкости некоторых деталей после снятия поверхностного слоя металла.

Механическую обработку применяют как финишную операцию при ремонте под новый или номинальный размер как поставкой добавочных деталей, так и совместно с другими технологическими процессами (пластическим деформированием, металлизацией, сваркой, наплавкой и др.). Основными видами механической обработки при ремонте машин помимо слесарной являются: точение, фрезерование, сверление, шлифование и нарезание резьбы.

Механическую обработку осуществляют в мастерских на станках токарной группы, сверлильных, фрезерных, шлифовальных и др. Механическую обработку наплавленных деталей выполняют резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов для черновой и для чистовой обработки на пониженных режимах по сравнению со скоростью, применяемой для нормализованной стали (на 30–60 % меньше при черновом точении и на 20–30 % – при чистом).

Механическую обработку пластмасс проводят на больших скоростях резания (для термопластов 300–600 м/мин, а для реактивных пластмасс 200–500 м/мин) при помощи хорошо заточенных резцов, оснащенных пластинками из твердых сплавов. Механическая обработка металлизированных покрытий проводится при помощи обточки, обкатки и шлифования. Резцы также должны быть оснащены пластинками из твердых сплавов.

## Название дисциплины

Хромированные поверхности шлифуют электрокорундовыми кругами, а также алмазными кругами. Поверхности, покрытые порошком хромированием, обрабатывают при помощи кругов из карборунда на бакелитовой связке твердостью СМ-1.

Механическую обработку стального электролитического осадка выполняют резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов, а также абразивным инструментом. Детали, подвергнутые упрочнению, термо- и термохимической обработке, обрабатывают тонким шлифованием, притиркой и полированием. К механической обработке относят и слесарную обработку. Она дает возможность восстановить первоначальные (до изнашивания) размеры, форму и чистоту рабочих поверхностей изношенных деталей или только форму и чистоту восстанавливаемой детали.

К таким слесарным работам относят: рубку, резание металла, сверление, зенкование, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, опиливание. К механическим способам обработки ремонтируемых деталей может быть отнесена и электроискровая обработка. Она основана на свойстве электрического искрового разряда отрывать и переносить частицы металла с одного электрода на другой.

Электроискровым способом восстанавливают стальные детали с износом до 0,1–0,15 мм. Электроискровое наращивание металлов с применением твердосплавных электродов наряду с увеличением износостойкости обеспечивает упрочнение ее поверхности, при этом износостойкость деталей увеличивается в два-три раза без ущерба для структуры металла и его механических свойств.

При электроискровой обработке температура обрабатываемой детали остается низкой. Поэтому наращивание твердыми сплавами можно использовать для восстановления закаленных поверхностей посадочных мест под подшипники качения, режущего инструмента и т. п. Другим достоинством электроискровой обработки является то, что она не требует предварительной подготовки поверхности. Ее недостаток – малая толщина покрытия.

Электроискровой обработкой можно также восстанавливать и изготавливать отверстия, разрезать металл, извлекать сломанные крепежные детали и инструменты, шлифовать рабочие поверхности деталей, затачивать режущие инструменты и упрочнять поверхность валцов. Для того чтобы вырванные частицы не достигли катода (инструмента) и не залепили бы его, процесс ведут в охлаждающей жидкости (керосине, этиловом спирте, транс-

форматорном масле). При перемене полюсов и проведении процесса без охлаждающей жидкости частицы с анода (электрода) будут переноситься на катод (деталь) и образовывать на нем напыленный слой.

Для электроискровой обработки промышленность выпускает стационарные и переносные станки и установки.

Упрочнение поверхности осуществляется следующими методами.

**Дробеструйный и дробеабразивный наклеп.** Его ведут в специальных установках. Детали подвергаются обдувке потоком быстролетящей чугунной или стальной дроби величиной от 0,4–2,0 мм или дроби с абразивом. После дробеструйного наклепа срок службы деталей возрастает, например, для мелкозубчатых шестерен в 2,5–3 раза.

**Центробежно-шариковый наклеп.** Выполняют в установке, представляющей собой роторный сепаратор с завальцованными отверстиями, в которых расположены стальные шарики  $\varnothing 1\text{--}12$  мм. Сепаратор является приставкой к круглошлифовальному станку. При подводе вращающегося сепаратора к детали, вращающейся на круглошлифовальном станке ему навстречу со скоростью 0,5–1,5 м/с, шарики ударяются о ее поверхность и наклепывают ее. При помощи этого метода повышают долговечность коленчатых валов, гильз цилиндров, поршневых колец и др. деталей.

**Упрочнение чеканкой.** Применяют для значительного местного наклепа поверхностей с высокой концентрацией напряжений (галтели, шлицы, сварные швы и пр.). Чеканка проводится специальными бойками, роликами, шариками путем ударного воздействия на упрочняемую поверхность. Твердость отчеканенных поверхностей повышается на 30–50 %.

**Электромеханическая обработка.** Эта разновидность накатки применяется после механической обработки вместо шлифования. Этот вид обработки осуществляют следующим образом: через место контакта инструмента (пластинки или ролики) и детали пропускают ток напряжением 10–15 В и силой тока 300–800 А. При этом поверхность выглаживают и упрочняют на глубину 100–150 мкм, твердость увеличивается в 1,5–2,5 раза.

**Термомеханическая обработка.** При этом виде обработки проводят пластическое деформирование сталей, содержащих переохлажденный аустенит, с последующей закалкой и низким отпусканием. Пластическое деформирование достигается: прокаткой, волочением, обработкой в ковочных вальцах, штамповкой и вдавли-

ливанием.

Вибро- и гидровибродуговая обработка. Этим способом создают наклепанный слой толщиной от 0,1 до 0,7 мм и увеличивают твердость обработанной поверхности на 20–40%.

Термическая обработка. К основным видам термической обработки, обеспечивающим упрочнение и повышение долговечности деталей, относятся: нормализация, обработка холодом, закалка, отпуск, улучшение.

Нормализация служит для получения мелкозернистой структуры стали, что позволяет улучшить ее обрабатываемость, устранить наклеп после обработки резанием, подготовить структуру к последующей термической обработке. При нормализации повышается твердость поверхности детали.

Обработка холодом при температуре 70–100°C включает в себя быстрое охлаждение и затем естественный нагрев. Благодаря такой обработке повышается твердость и износостойкость деталей.

Закалка придает стали и чугуна наибольшую твердость. Деталь нагревают до температуры 700–800 °C (в зависимости от марки) и охлаждают с большой скоростью погружением нагретых деталей в жидкую среду. В зависимости от вида охлаждающей среды различают закалку сильную (в холодной воде), умеренную (в горячей воде и масле) и слабую (в расплавленном свинце). Одновременно с твердостью повышается износ- и коррозионностойкость.

Отпуск применяют после закалки стали для уменьшения ее хрупкости и улучшения обрабатываемости. Отпуск заключается в нагревании и последующем охлаждении с любой скоростью. Улучшение – двойная термическая обработка стали, состоящая из закалки и высокого отпуска. Она служит для изменения структуры металла и повышения его вязкости.

Химико-термическая обработка. При такой обработке поверхностный слой стальных деталей насыщают различными элементами, затем подвергают термообработке – закалке и отпуску. При этом способе обработки детали приобретают поверхностную твердость, износостойкость, жаростойкость, способность закаливаться и повышенную сопротивляемость коррозии. Различают цементацию, азотирование и цианирование деталей.

Цементация – термическая обработка стали, при которой изменяется химический состав поверхностного слоя в результате насыщения его углеродом на глубину от 0,5 до 2,0 мм. Цементации подвергают детали, работающие при высоком удельном дав-



лении, а также испытывающие ударные нагрузки (зубья шестерен, шейки валов и т. д.).

Азотирование – процесс насыщения стали азотом на глубину от 0,05 до 0,8 мм; при этом твердость поверхностного слоя увеличивается в полтора – два раза больше, чем при цементации, но в результате чего в сложных изделиях появляются внутренние напряжения, приводящие к короблению. Поэтому после азотирования применяют отжиг (отпуск).

Цианирование – одновременное насыщение азотом и углеродом поверхностного слоя стали на глубину от 0,1 до 2,5 мм. Цианированием после закалки и низкого отпуска достигается увеличение износостойкости деталей, твердости и прочности их при переменной нагрузке. Долговечность цианированных деталей повышается в 10–15 раз, а предел прочности в два–три раза.

### **3.3.4. Восстановление узлов вращения**

Узлы вращения являются в настоящее время самыми распространёнными подвижными системами машин. Именно узлы вращения, особенно их опоры, являются тяжело нагруженными и ненадёжными элементами машин зернопереработки.

Ремонт валов и осей. Характерными дефектами валов и осей, возникающими в процессе эксплуатации, являются: погнутость, скручивание, изломы, образование забоин и трещин, изнашивание шеек (цапф), повреждение шпоночных канавок, шлицев и резьб.

Правка валов и осей. Их правят пластическим деформированием (холодная и горячая правка).

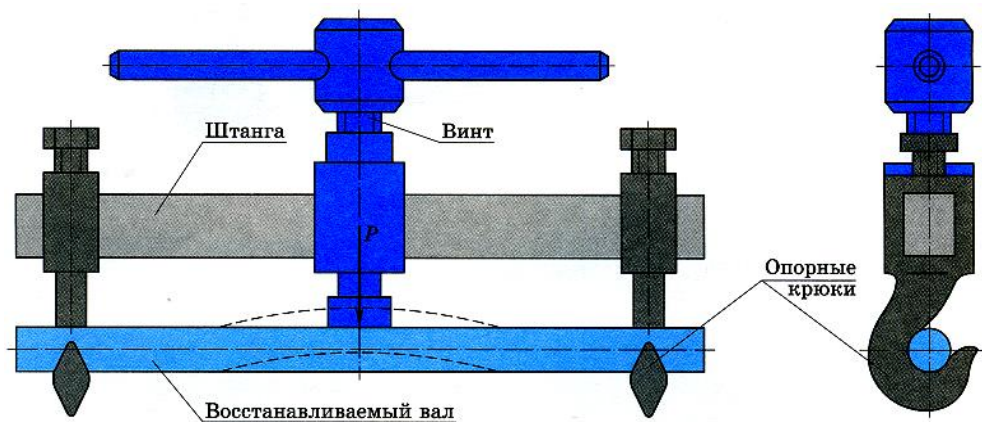
Холодной правке подвергают детали, погнутость которых не превышает 0,3 мм на всю длину при частоте вращения до 50 об/мин и 0,2 мм при больших скоростях.

Холодную правку валов (осей) проводят несколькими способами: винтовыми приспособлениями, прессами и чеканкой. Ремонтную деталь (вал, ось) укладывают на установочные призмы вогнутой частью вверх (рис. 3.3.15,а) и при помощи нажимного устройства через мягкую прокладку изгибают в обратную сторону на величину, превышающую стрелу прогиба, и затем отпускают. Операцию, контролируя, повторяют до тех пор, пока вал не будет выправлен.

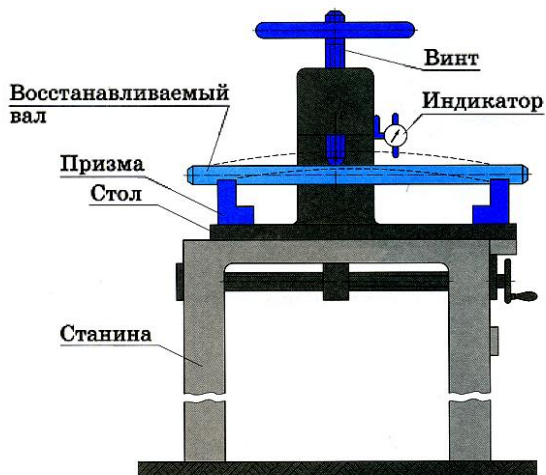
При устранении погнутости вала чеканкой (наклепом) его устанавливают на проверочную плиту (рис. 3.1.15,б) прогибом вниз и наносят по нему легкие удары молотком массой 1–2 кг по специальному медному или латунному чекану, пригнанному по

Название дисциплины

форме вала. Чеканкой правят валы и оси с прогибом не более 0,02–0,04 % их длины.

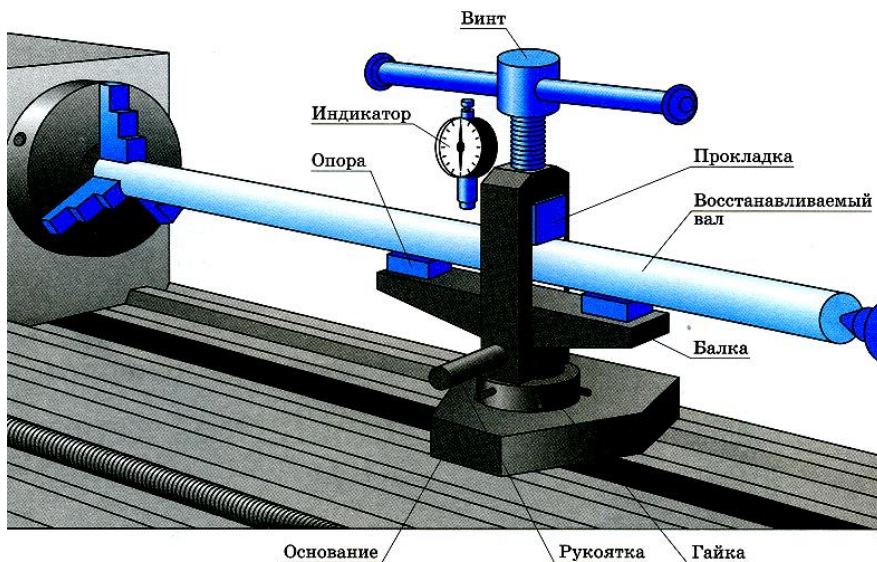


а)



б)

Название дисциплины



в)

Рис. 3.3.15. Приспособления для восстановления валов:  
а – винтовая скоба; б – винтовой пресс; в – ручной винтовой пресс на токарном станке

Горячую правку применяют для валов диаметром более 80 мм. Ремонтируемый вал (рис. 3.3.16, в) укладывают на опоры 2 прогибом вверх. Наиболее изогнутый участок термоизолируют при помощи листов асбеста так, чтобы в месте прогиба оставался бы незащищенный участок. Этот участок быстро (3–5 мин), но равномерно нагревают до температуры 500–550 °С газовым пламенем. Величину деформации вала проверяют при помощи индикатора 3. После 10–15 мин снимают термоизоляцию, и нагретый участок вала охлаждают струей сжатого воздуха. Операцию нагрева и охлаждения повторяют несколько раз. Вал выравнивается под воздействием внутренних напряжений, возникающих при местном нагреве и охлаждении.

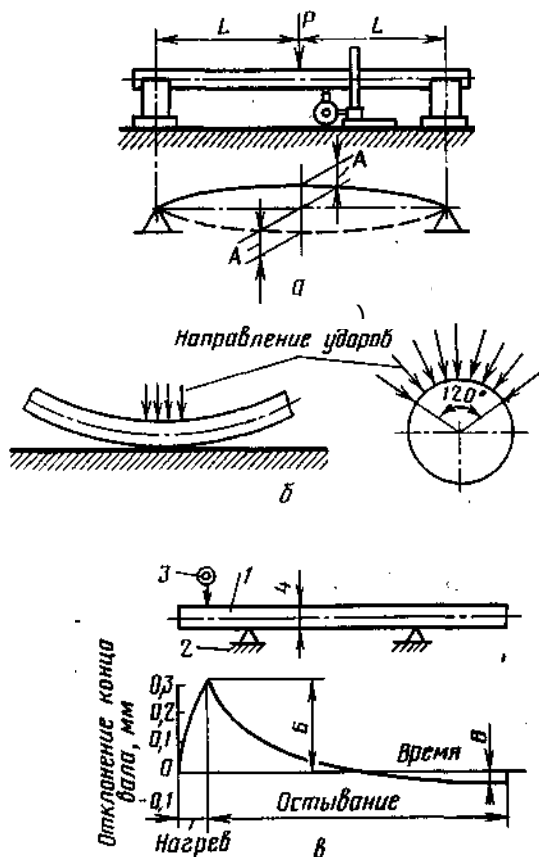


Рис. 3.3.16. Схема правки вала:

а – прогибом; б – поверхностным наклепом; в – нагревом;  $P$  – прикладываемая сила;  $L$  – расстояние от оси опоры до точки приложения силы  $P$ ; 1 – вал; 2 – опора; 3 – индикатор; 4 – место нагрева;  $A$  – стрела прогиба;  $B$  – максимальное отклонение вала к концу нагрева;  $B$  – отклонение после остывания

Выправленные валы и оси для достижения соосности посадочных шеек протачивают и шлифуют.

Сварка сломанных валов и осей. Сломанные валы и оси сваривают электрошлаковой сваркой с постановкой соединительных и упрочняющих втулок.

Устранение скрученности. Скрученные валы, как правило, выбраковывают. Скрученность валов  $\varnothing 50-60$  мм до  $10^\circ$  устраняют рычажным захватом. При этом подкладывают медные или

свинцовые прокладки.

Заварка трещин. Валы и оси, имеющие отдельные поперечные трещины глубиной до 0,10 диаметра вала и продольные трещины глубиной не более 10% от длины вала и не воспринимающие ударной нагрузки, могут быть отремонтированы электросваркой. При этом необходимо предварительно разделить все трещины до здорового места и снять фаски на 10–12 мм на сторону. Валы малых диаметров перед сваркой подогревают, после сварки правят, обтачивают и шлифуют.

Ремонт шеек вала. Поверхностные повреждения цапф (царапины, риски, заусенцы, неглубокие задиры) устраняют вручную бархатным напильником с последующим полированием тонким наждачным полотном или специальными полировочными приспособлениями.

При износах свыше 0,2 мм шейки перетачивают на токарном станке, а затем шлифуют под ремонтный размер. Во избежание перенапряжения валов при небольших выработках шеек рекомендуется ремонтировать их металлизацией. Допускается наращивание поверхности шеек хромированием и осталиванием.

При изменении диаметра шейки свыше 10 % переточка ее не допускается. В этом случае ремонт выполняют наплавкой с последующей проточкой до номинального размера.

Восстановление центровых отверстий. Проверку и восстановление центровых отверстий валов проводят на токарных станках. Для этого ремонтируемый вал устанавливают одним концом в самоцентрирующийся патрон, а второй конец вала кладут на кулачки неподвижного люнета. Регулированием кулачков люнета добиваются того, чтобы индикатор показывал биение на шейке вала не более половины допуска на изготовление. После выверки вала проводят правку центров сверлом, специальным резцом или шабером.

Ремонт шпоночных и шлицевых соединений. При небольшом повреждении шпоночного паза, не превышающего 5 % его ширины, его ремонтируют напильником или шабером. При более значительных повреждениях, требующих расширения паза от 5 до 15 %, паз ремонтируют прострожкой и фрезерованием на станках под ремонтный размер (рис.3.3.17, 3.3.18). Шпоночные пазы, изношенные более чем на 15 %, восстанавливают под номинальный размер наплавкой одной из стенок паза с последующей механической обработкой. Практикуется изготовление нового шпоночного паза под углом 90 и 135 ° по отношению к изношенному (см.рис. 3.3.17). Изношенные шпонки не ремонтируют, а изготавливают

новые, подгонкой добиваются плотного их соединения с боковыми поверхностями паза.

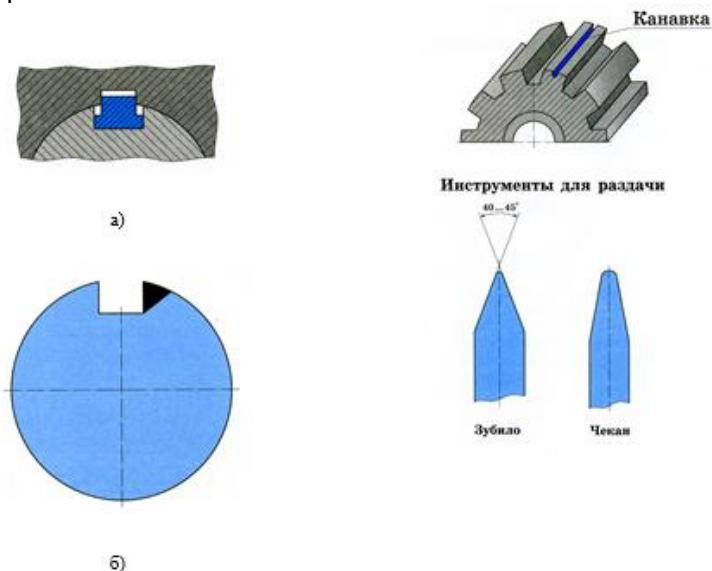


Рис. 3.3.17. Схемы восстановления шпоночных

соединений: а – установкой ступенчатой шпонки;

б – наваркой боковой поверхности паза

Рис. 3.3.18. Схемы восстановления

шлицевого соединения раздачи

Шлицы деталей, трудоемких в изготовлении, ремонтируют наваркой металла с последующей механической обработкой.

Резьбовые соединения. Поврежденную резьбу восстанавливают при незначительных неисправностях прогонкой на токарных и фрезерных станках или вручную плашками. При сорванной или сильно изношенной резьбе деталь наплавляют (диаметр напавленной детали должен быть на 5 мм больше диаметра резьбы) с последующим нарезанием резьбы (рис.3.3.19) .

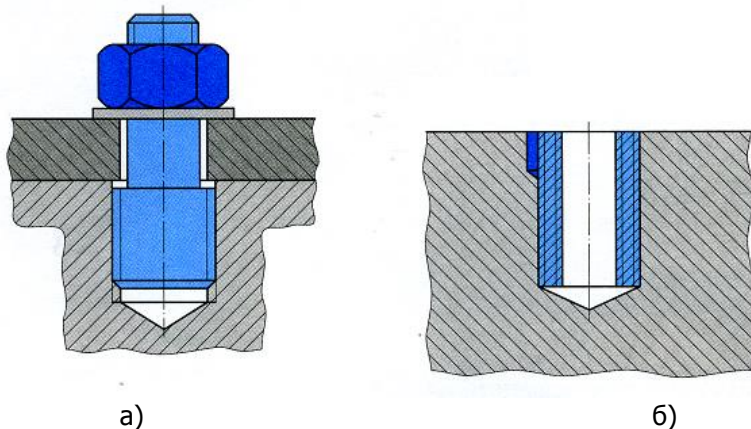


Рис. 3.3.19. Схемы восстановления резьбовых соединений:  
а – установкой шпильки с увеличенным диаметром резьбы;  
б – установкой втулки с наружной и внутренней резьбой

Ремонт подшипников качения. В подшипниках качения наибольшему износу в процессе эксплуатации подвергаются рабочие поверхности – шарики, ролики, дорожки качения. На них появляются каверны, шелушится поверхность. Изношенные подшипники не ремонтируют, их диагностируют и при большой изношенности заменяют.

Работу подшипников качения диагностируют по характеру издаваемого шума и на перегрев. При нормальной работе слышно равномерное тонкое жужжание. При неисправном подшипнике шумы резкие, неравномерный звенящий звук указывает на то, что в подшипнике нет смазки, шарики или ролики защемлены. Гремящий звук из частых звонких звуков означает, что на шариках или роликах появились каверны или в подшипник попала пыль. Глухие удары указывают на ослабление посадки подшипника на валу и в корпусе. Перегрев подшипника свыше  $60^{\circ}\text{C}$  свидетельствует о его неисправности, неправильном монтаже либо об избытке смазки.

Для определения пригодности подшипников качения к эксплуатации узлы с подшипником качения разбирают. После очистки и промывки их тщательно осматривают и проверяют радиальный и осевой зазоры.

Подшипники качения подлежат замене: при появлении раковин усталостного выкрашивания на шариках, роликах или беговых дорожках; при появлении трещин на кольцах; при по-

вреждениях сепаратора или бортов колец; при увеличении радиального зазора вследствие износа в размерах, превышающих нормы технических условий, и ослабления посадки в гнезде или на валу.

Демонтаж подшипников качения можно выполнять при помощи прессы, выдавливая вал из внутреннего кольца подшипника книзу, и при помощи винтового съемника. После разборки узла и выбраковки подшипников оставленные для дальнейшей работы подшипники промывают без нагрева. Для промывания подшипника применяют смесь чистого бензина с 6–8 % минерального масла. При сильном загрязнении подшипник отмывают сначала в первой грязной ванне с чистым минеральным маслом, нагревают до температуры 90 °С, затем промывают в чистом бензине.

Монтаж подшипников качения начинают с проверки и подготовки посадочных мест на валу и в корпусе. Посадочное место на валу (шейке, цапфе) должно быть чистым, гладким, цилиндричным. Обнаруженные заусенцы, забоины, утолщения, коррозию удаляют бархатным напильником и зачищают тонкой шкуркой.

Посадочные места в корпусе и на валу должны соответствовать принятым допускам, наружное кольцо подшипника должно равномерно охватываться посадочным местом по всей окружности, но без защемления и проворачиваться при небольшом усилии. Радиус закругления галтели на валу должен быть меньше, чем радиус фаски у подшипника, иначе подшипник не дойдет до заплечика и будет перекошен. Для посадки радиальных однорядных подшипников используются приспособления – монтажные стаканы и оправки (рис. 3.3.20,а–в).

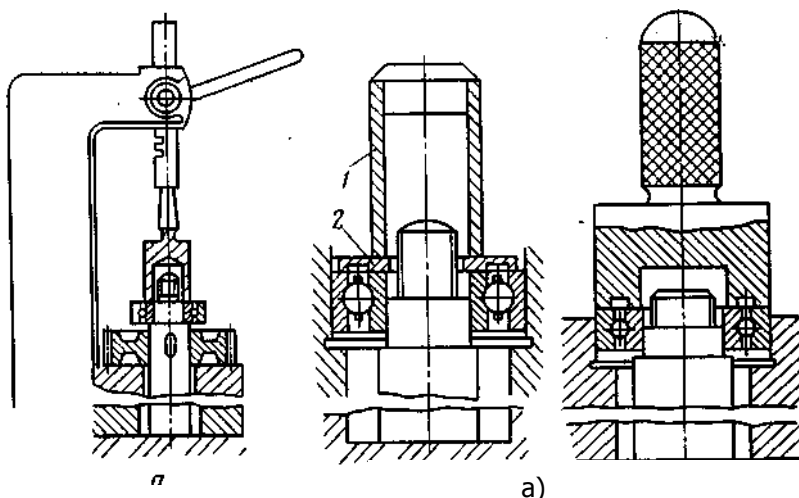




Рис. 3.3.20. Приспособление для напрессовки подшипников:  
 а – напрессовка подшипника с помощью оправки и ручного прессы;  
 б – с помощью стакана 1 и кольца 2; в – с помощью ручной оправки

Перед установкой радиального подшипника шейку вала тщательно очищают и смазывают, а подшипник подогревают в горячем масле. Нагретый подшипник быстро устанавливают на вал, напрессовывают легкими ударами молотка по монтажной трубе (стакану). Запрещается ударять молотком непосредственно по кольцам, применять для монтажа бородки, прилагать усилия к шарикам, роликам или к сепаратору, а также к тому кольцу, которое не запрессовывается; на валы значительной длины подшипники напрессовывают винтовыми приспособлениями.

При посадке подшипника в корпусе с натягом давление прилагается к наружному кольцу. В этом случае применяют специальные монтажные трубы или оправки (см.рис.3.3.20, б, в).

Для облегчения запрессовки рекомендуется либо охлаждать подшипник, либо нагревать корпус.

Если подшипник запрессовывается одновременно на вал и в корпус, давление прилагают к обоим кольцам одновременно, применяя специальные оправки.

После установки подшипника проверяют: прижат ли он к заплечу вала и корпуса, имеется ли достаточный для него упор, не зацементированы ли шарики, не перекошен ли подшипник. Затем подшипники закрепляются от осевого смещения на валах при помощи кольцевых гаек и специальных шайб, пружинных колец, втулок, а в корпусе – при помощи фланцев, стаканов и других деталей.

Монтаж отдельных видов подшипников, как, например, радиально-упорных, упорных, имеет свои особенности.

Подшипники качения смазывают жидкими или (при небольшой частоте вращения) консистентными смазками.

Ремонт подшипников скольжения. В процессе эксплуатации у подшипников скольжения изнашиваются внутренние поверхности, нарушается крепление втулок и вкладышей в корпусах, искажается профиль смазочных канавок, расплавляется или отслаивается баббит, увеличиваются зазоры, появляется овальность, конусообразность и бочкообразность. Величину зазора определяют в верхней части подшипника. В разъемных подшипниках зазор

определяют при помощи двух-трёх свинцовых проволочек (толщиной 1 мм), укладываемых на шейку вала, которые при затяжке крышки подшипника, деформируются до размера, равного величине зазора. Затем измеряют микрометром толщину обжатой части проволоки.

При увеличении зазора сверх допустимых величин в ремонтируемых подшипниках его уменьшают, а для восстановления правильной геометрической формы отверстия производят шабрение внутренней поверхности вкладыша. Втулки и вкладыши с баббитовой заливкой при износе баббита на половину его толщины перезаливают (рис.3.3.21).

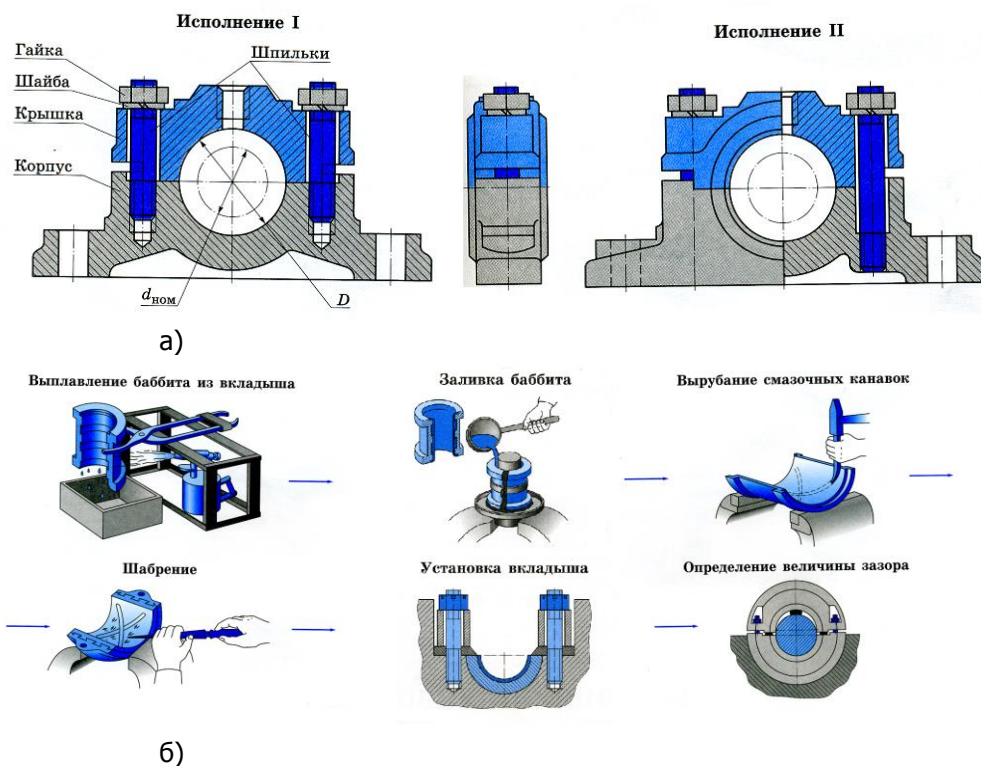


Рис. 3.3.21. Восстановление разъемных подшипников скольжения:

$d_{ном}$  – номинальный диаметр вала;  $D$  – наружный диаметр вкладыша;

а – конструкция подшипника; б – технологический маршрут

## ВОССТАНОВЛЕНИЯ

В неразъемных нерегулируемых подшипниках при изнашивании отверстия втулку заменяют. Втулки больших размеров можно ремонтировать. Отверстие в корпусе при износе растачивают и в него запрессовывают ремонтную втулку, которую стопят винтом и после запрессовки производят ее развертку.

Ремонт ременных передач. В процессе эксплуатации шкивов наблюдаются следующие дефекты: изнашивание обода и канавок в результате проскальзывания ремней, образование трещин в спицах, надломов обода, изнашивание торцов ступицы и отверстия в ней.

Изношенный обод у шкивов для плоских ремней протачивают для придания шкиву правильной геометрической формы. Измененный профиль канавок клиновых шкивов восстанавливают в тех случаях, когда ремень ложится на дно канавок. Дефект устраняется углублением канавки: протачиваются боковые стороны и дно канавки с тем, чтобы профиль остался неизменным.

Отверстие в ступице при изнашивании растачивают под ремонтную втулку. Втулку запрессовывают или ставят на клей. При постановке на клей диаметр втулки делают меньше диаметра расточенного отверстия на 0,05 мм для создания зазора, необходимого для образования клеевой пленки. В зависимости от того, насколько можно расточить отверстие в ступице, ставят толстостенную или тонкостенную втулку со шпоночным пазом и без.

При биении шкива после его обработки дополнительно обрабатывают шкив по ободу и ступице с запрессовкой новой втулки. Нельзя устранять биение шкива постановкой прокладок между ступицей и валом.

Шкивы с трещинами на ободу и спицах не ремонтируют, а выбраковывают и заменяют.

При сборке ременных передач шкивы напрессовывают на вал по тугой или напряженной посадке с применением призматических шпонок, а в неответственных передачах – клиновидных шпонок. После установки шкивов проверяют параллельность валов, совмещение средин шкивов, радиальное и торцевое (осевое) биение, которое не должно превышать следующих величин: а) радиальное биение шкива диаметром до 300 мм – 0,10 мм, диаметром свыше 300 мм – 0,15 мм; б) торцевое биение шкива диаметром до 300 мм – 0,06 мм, свыше 300 мм – 0,08 мм.

Клиновые ремни не ремонтируют. Изношенные плоские прорезиненные ремни заменяют новыми полностью или частично

Название дисциплины

– заменой изношенного участка. Концы ремней сшивают сыромятными ушивальниками или вулканизируют.

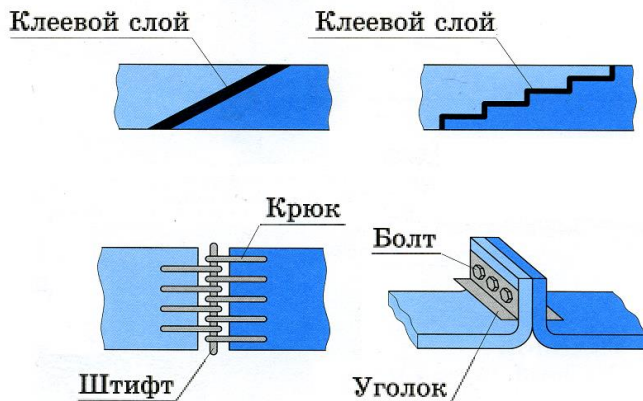


Рис.3.3.22. Схемы соединения конвейерных лент и плоскоремennых передач: а – склеивание; б – сшивание

В быстроходных ременных передачах концы ленты ремней соединяют склеиванием с вулканизацией (холодным и горячим способами). Концы ремней соединяют наложением одной ступеньки на другую (рис.3.3.22). Ступеньки после соединения тщательно прокатывают роликом. При горячей вулканизации концы ремня склеивают смесью тиурамового клея, который наносят на склеиваемые концы 3–4 раза. Затем стык прокатывают роликом и вулканизируют в аппарате двумя нагревательными плитами при температуре 140–160 °С и давлении 0,4 МПа в течение 30–50 мин.

### 3.3.5. Восстановление абразивных поверхностей рабочих органов машин

Особенностью конструкции зерноперерабатывающих машин является применение абразивных рабочих органов.

Для ремонта изношенных абразивных рабочих поверхностей обочечных, шелушильных и шлифовальных машин используют абразивную облицовочную массу, способную схватываться и отвердевать на воздухе.

Абразивная масса включает:

- инертный абразивный материал (наполнитель) в виде

## Название дисциплины

шлифзерна определенной твердости;

– активный материал в виде магнезиальной связи, которую образует воздушное вязжущее вещество – каустический порошок из магнезита ( $MgO$ ), затворенный концентрированным раствором технического хлористого магния ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) в конденсационной или прокипяченной чистой воде с ограниченной карбонатной и некарбонатной жесткостью.

В качестве абразивных материалов применяют различной крупности шлифзерно из высокотитанистого алюмотермического корунда (твёрдость по условной десятибалльной минералогической шкале равна 9, плотность  $\gamma_k = 3,9-4,1$  кг/дм<sup>3</sup>) или наждака – смеси корунда с кварцем, гематитов, магнетитов, пиритов (твёрдость не менее 8,  $\gamma_0 = 3,8-4,4$  кг/дм<sup>3</sup>). Содержание в шлифзерне ферромагнитных примесей более 10 мг на 1кг недопустимо.

Крупность шлифзерна оценивают методом ситового анализа на наборе контрольных металлотканых сит с квадратными ячейками. Рассев воздушносухого материала проводят в течение 10 мин при круговых горизонтальных колебаниях корпуса и периодических ударах по нему 380 и 140 в минуту.

Применение смесей шлифзёрен различной крупности (табл. 3.3.1) вызвано стремлением создать плотную структуру абразивной массы в результате повышения в ней относительного объема шлифзерна, увеличить поверхность обволакивания шлифзерна магнезиальной связкой для создания достаточной твердости, понимая под этим термином сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен под действием внешних усилий.

Таблица 3.3.1

Номера зернистости и крупности шлифзерна

Обозначение номера зернистости		Наименование фракций крупности				
В метрической системе (в 0,01 мм)	В дюймовой системе (в мешах)*	предельная	крупная	основная	комплексная	Проход через сито №
		Остаток на сите №				
200	10	2,8	2,5	2	2,5; 2; 1,6	1,25
160	12	2,5	2	1,6	2; 1,6; 1,25	1
125	16	2	1,6	1,25	1,6; 1,25; 1	08
100	20	1,6	1,25	1	1,25; 1; 08	063
80	24	1,25	1	08	1; 08; 063	05

## Название дисциплины

63	30	1	08	063	08; 063; 05	04
----	----	---	----	-----	----------------	----

Примечания: Остаток на сите в % для фракции: предельной 0, крупной – не более 20, основной – не менее 45, комплексной – не менее 90%; проход через сито для мелкой фракции не более 3%.

\* Mesh – по-английски петля. Число меш – число отверстий в одном линейном дюйме сита

Выбор зернистости шлифзерна оговорен в «Правилах организации и ведения технологического процесса на мельницах и крупозаводах» и в ТУ заводов-изготовителей. Выбор обусловлен как физическими свойствами обрабатываемых продуктов, так и технологическим назначением машины, ее кинематическим и динамическим режимами.

Например, при изготовлении абразивного цилиндра обоечных машин применяют шлифзерно № 125 и 63 (по 20% каждого) и шлифзерно № 80 (60%), а при изготовлении дисков жернового постава применяют шлифзерно № 160 (65%) и № 125 (35%).

Каустический порошок II класса из обожженного магнезита ( $\gamma_{\text{км}} = 3,1-3,4 \text{ кг/дм}^3$ ) должен содержать (в пересчете на сухое вещество) не менее 83% окиси магнезия. По пробе, высушенной в течение 1 ч при температуре  $110+5^\circ\text{C}$ , крупность очень тонкого порошка магнезита характеризует проход через сито № 90 – не менее 75%, остаток на сите № 200 – не более 5%; влажность порошка и потери при прокаливании его соответственно не более 1,5 и 8%.

Каустический магнезит обладает способностью быстро поглощать из воздуха водяные пары и углекислый газ, образуя гидрат  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и карбонат магнезия  $\text{MgCO}_3$ . Это приводит к потере каустическим магнезитом вяжущих свойств. Активность схватывания гидратированного каустического порошка может быть восстановлена только нагреванием при температуре  $350-70^\circ\text{C}$  в течение 3-4 ч и последующим медленным охлаждением вместе с нагревающим устройством. При использовании порошка, насыщенного атмосферной влагой, происходит кипение воды, приводящее к расстрескиванию абразивной массы и к снижению прочности связи между цементирующим и наполняющим веществами.

Поэтому магнезит для защиты его от влаги и загрязнений следует хранить в закрытых сухих помещениях в бумажных мешках из четырех-шести слоев.

Механические свойства каустического магнезита определя-

ют по таким показателям: временное сопротивление растяжению через сутки отвердевших образцов в виде восьмерок из замеса нормальной плотности; оно должно быть не менее  $1,5 \text{ МН/м}^2$ ; начало схватывания замеса, образованного 60 % порошка и 40 % раствора хлористого магния, не ранее 50 мин и конец схватывания – не позднее 2,5 ч.

Технический хлористый магний представляет собой твердый сплав магниевой соли хлористоводородистой кислоты с содержанием не менее 45%  $\text{MgCl}_2$ . Согласно техническим условиям, хлористый магний упаковывают в стальные герметичные барабаны емкостью 150–200 л.

Растворяют кусочки хлористого магния массой 100–200 г в воде с температурой  $60\text{--}70 \text{ }^\circ\text{C}$ , удаляя всплывающую пену, а затем отстаивают в течение 1–1,5 суток. Слитый раствор доводят до заданной плотности ( $\gamma_{\text{мр}}=1,28\text{--}1,29 \text{ кг/дм}^3$ ), разбавляя его теплой водой или выпаривая без кипячения.

Для определения плотности концентрированного водного раствора хлористого магния применяют стеклянный денсиметр общего назначения, у которого пределы измерений  $1,0\text{--}1,5 \text{ г/см}^3$ , а цена наименьшего деления  $0,01 \text{ г/см}^3$ .

Часто вместо денсиметра применяют ареометр. Отсчет по шкале ареометра даст численное значение плотности жидкости в условных единицах, называемых градусами. Имеются методики для пересчета «градусов» в плотность.

При отсутствии готового хлористого магния его можно получить централизацией каустического магnezита разведенной в воде технической соляной кислотой.

Технология облицовки рабочих органов машин. Очищенные от примеси компоненты абразивной массы выдерживают в сухом помещении в течение трех дней при  $1\text{--}14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Для механизации приготовления массы используют растворешалку емкостью 80 л. В смесительный барабан засыпают шлифзерно и перемешивают с 75% потребной порции раствора хлористого магния в течение 2 мин. Далее засыпают дозу каустического магnezита и продолжают перемешивать в течение 2 мин. В заключение приливают оставшиеся 25 % раствора хлористого магния и в течение 2 мин, перемешивая, заканчивают приготовление абразивной массы.

Органолептическая оценка нормальности приготовленной абразивной массы такова: при внешнем осмотре абразивная масса должна иметь одинаковую консистенцию и не рассыпаться после сжатия рукой образца. Жесткость массы определяют по

техническому вискозиметру.

При ремонте машин процесс укладки абразивной массы и обработки после отверждения включает такие операции: удаление ударным инструментом остатков облицовки и очистка оснований рабочих органов от загрязнений; восстановление армирующих выступов или закрепляющих углублений и оснований; грунтовка подготовленных поверхностей магнезиальным клеем и сушка посредством электроподогревателей; непрерывная укладка массы слоями ( $h = 15\text{--}25$  мм), уплотнение в течение строго определенного времени каждого слоя электромеханическими вибраторами либо ручными трамбовками, выравнивание поверхности по шаблону; выдержка массы до отверждения в течение 14–28 суток; обработка отвердевшей массы для придания технологически необходимой формы и шероховатости.

Температура помещения 18–20 °С оптимальная для вылеживания абразивной массы. При более высокой температуре испаряется влага, необходимая для образования гидрата окиси и хлорокиси магния, а это отрицательно влияет на прочность абразивной массы. При более низкой температуре процесс схватывания и твердения замедляется, снижается твердость и прочность абразивной массы.

Основные причины появления трещин в абразивной массе: неудовлетворительная подготовка оснований для укладки массы (остатки пыли и зерна, наличие жировых пятен, несоответствие элементов закрепления абразивной массы условиям нагружения рабочего органа машины), применение недоброкачественных исходных материалов (загрязненного шлифзерна, химически малоактивного магнезита, водного раствора хлористого магния с ненормальной плотностью); нарушение дозировки исходных компонентов: неоднородность абразивной массы, обусловленная неравномерностью смешивания компонентов; недостаточная консистенция жесткость абразивной массы в результате ее ограниченного уплотнения и укладки с перерывами; расслоение абразивной массы из-за повышенной продолжительности ее уплотнения: низкая прочность из-за нарушения температурных и временных условий вылеживания избытком магнезита, а также низкой температурой помещения; чрезмерно высокая температура помещения является причиной появления трещин в наждачной массе. Следует учесть, что «потение» также уменьшает ее прочность.

Образовавшиеся трещины заделывают смесью: 60% раствора хлористого магния и 40% каустического магнезита.

Если требуется частично восстановить наждачную поверх-



## Название дисциплины

ность, зубилом обрубает место, которое надо залить, смазывают его составом, приготовленным описанным ранее способом. Затем накладывают наждачную массу и уплотняют ее трамбовками. Через 2–3 дня она затвердеет, затем всю поверхность абразивной массы зачищают металлической щеткой.

Количество материалов, требующихся для изготовления 1 м<sup>2</sup> наждачной поверхности, указано в табл. 3.3.2.

Таблица 3.3.2

Материалы для изготовления наждачной поверхности (на 1 м<sup>2</sup> барабана)

Состав наждачной смеси, %						Масса материала, кг						
Наждак 125	Наждак 100	Наждак 80	Магнетит	Хлористый магний	Всего	Наждак 125	Наждак 100	Наждак 80	Магнетит	Хлористый магний		Всего
										Всего	В том числе для смазки	
23	23	24	15	15	100	18	18	19	12	12	1,2	79

Для установки плоских бичей на барабане обоечной машины на требуемое расстояние от абразивной поверхности деки надо снять верхнюю половину обечайки. Затем вдоль края машины в 2–3 местах прибивают деревянные планки, направленные одним концом внутрь цилиндра машины и выступающие за кромку абразивного слоя на заданную длину.

Предварительно раскрепленный бич одним краем вплотную придвигают к выступающим концам планок и в таком положении закрепляют его. Так же выравнивают все остальные бичи. Расстояние между бичами и абразивной поверхностью должно быть во всех точках одинаковое, так как в противном случае машина будет работать неравномерно.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3.3

#### ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МЕТОДОВ И МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

##### ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ СВАРКИ

Первые способы сварки возникли у истоков цивилизации – с началом использования и обработки металлов.

Известны древнейшие образцы сварки, выполненные в VIII-

## Название дисциплины

VII тысячелетиях до н.э. Древнейшим источником металла были случайно находимые кусочки самородных металлов – золота, меди, метеоритного железа. Ковкой их превращали в листочки, пластинки, острия. Ковка с небольшим подогревом позволяла соединять мелкие кусочки в более крупные, пригодные для изготовления простейших изделий, поэтому можно сказать, что это было начало кузнечной сварки.

Позже научились выплавлять металл из руды, плавить его и литьем изготавливать уже более крупные и часто весьма совершенные изделия из меди и бронзы.

С освоением литейного производства возникла литейная сварка по так называемому способу промежуточного литья – соединяемые детали заформовывали и место сварки заливали расплавленным металлом. В дальнейшем были созданы особые легкоплавкие сплавы для заполнения соединенных кусков, и наряду с литейной сваркой появилась пайка, имеющая большое значение и сейчас.

Весьма важным этапом стало освоение железа. Железные руды имеются повсеместно, и восстановление железа из них производится сравнительно легко. Но в древности плавить железо не умели и из руды получали продукт, состоявший из мельчайших частиц железа, перемешанных с частицами руды, угля и шлака. Лишь многочасовой ковкой нагретого продукта удавалось отжать неметаллические примеси и сварить частицы железа в кусок металла. Таким образом, древний способ производства железа включал в себя процесс сварки частиц железа в более крупные заготовки. Из полученных заготовок кузнечной сваркой изготавливали всевозможные изделия: орудия труда, оружие и пр. Многовековой опыт, интуиция и чутье позволяли древним мастерам иногда получать сталь очень высокого качества (булат) и кузнечной сваркой изготавливать изделия поразительного совершенства и красоты.

Кузнечная сварка и пайка были ведущими процессами сварочной техники вплоть до конца XIX в., когда начался совершенно новый, современный период развития сварки. Несоизмеримо выросло производство металла и всевозможных изделий из него, многократно – потребность в сварочных работах, которую не могли уже удовлетворить существовавшие способы сварки. Началось стремительное развитие сварочной техники – за десятилетие она совершенствовалась больше, чем за столетие предшествующего периода. Быстро развивались и новые источники нагрева, легко расплавлявшие железо: электрический ток и газокислородное

пламя.

Особо нужно отметить открытие электрического дугового разряда, на использовании которого основана электрическая дуговая сварка – важнейший вид сварки настоящего времени. Видная роль в создании этого способа принадлежит ученым и инженерам нашей страны. Само явление дугового разряда открыл и исследовал в 1802 году русский физик и электротехник, впоследствии академик Василий Владимирович Петров (рис. ПЗ.3.1).

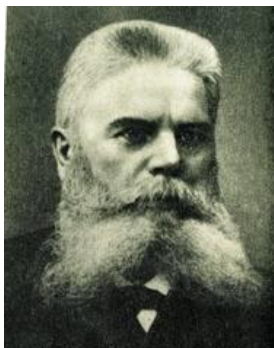


Рис. ПЗ.3.1. Создатели электродуговой сварки:

1 – [Петров Василий Владимирович](#); 2 – [Бенардос Николай Николаевич](#); 3 – [Славянов Николай Гаврилович](#)

Академик В.В. Петров обратил внимание на то, что при пропускании электрического тока через два стержня из угля или металла между их концами возникает ослепительно горящая дуга (электрический разряд), имеющая очень высокую температуру. Он изучил и описал это явление, а также указал на возможность использования тепла электрической дуги для расплавления металлов и тем заложил основы дуговой сварки металлов.

Н.Н. Бенардос в 1882 г. изобрел способ дуговой сварки с применением угольного электрода. В последующие годы им были разработаны способы сварки дугой, горящей между двумя или несколькими электродами; сварки в атмосфере защитного газа; контактной точечной электросварки с помощью клещей; создан ряд конструкций сварочных автоматов. Н.Н. Бенардосом запатентовано в России и за границей большое количество различных

изобретений в области сварочного оборудования и процессов сварки.

Автором метода дуговой сварки плавящимся металлическим электродом, наиболее распространенного в настоящее время, является Н.Г. Славянов, разработавший его в 1888 г.

Н.Г. Славянов не только изобрел дуговую сварку металлическим электродом, описал ее в своих статьях, книгах и запатентовал в различных странах мира, но и сам широко внедрял ее в практику. С помощью обученного им коллектива рабочих-сварщиков Н.Г. Славянов дуговой сваркой исправлял брак литья и восстанавливал детали паровых машин и различного крупного оборудования. Н.Г. Славянов создал первый сварочный генератор и автоматический регулятор длины сварочной дуги, разработал флюсы для повышения качества наплавленного металла при сварке. Созданные Н.Н. Бенардосом и Н.Г. Славяновым способы сварки явились основой современных методов электрической сварки металлов.

Внедрение сварки в производство проходило очень интенсивно, так, в России с 1890 по 1892 года было по их технологии отремонтировано с высоким качеством 1631 изделие общим весом свыше 17 тыс. пудов, это в основном чугунные и бронзовые детали. Они даже разработали проект ремонта российского памятника литейного производства «Царь-колокола», но работа не была разрешена, и мы сейчас можем любоваться на российские нетленные символы: колокол, который не звонил, и на пушку, которая не стреляла.

Известный мостостроитель академик [Евгений](#) Оскарович Патон, предвидя огромное будущее электросварки в мостостроении и в других отраслях хозяйства, резко сменил поле своей научной деятельности и в 1929 году организовал сначала лабораторию, а позднее первый в мире институт электросварки (г. Киев). Им было разработано и предложено много новых и эффективных технологических процессов электросварки. В годы войны в короткий срок под его руководством были разработаны технология и автоматические станды для сварки под слоем флюса башен и корпусов танков, самоходных орудий, авиабомб.

В настоящее время широкое развитие получили такие новые способы сварки, как сварка порошковыми материалами, плазменная, контактная и электрошлаковая, сварка под водой и в космосе и др., многие из которых были разработаны в Институте электросварки имени Е.О. Патона, который в последние годы возглавлял сын основателя института – академик [Борис Евгеньевич](#)

### Патон.

Сваривать можно не только металлы, но и пластмассы, стекло, некоторые виды керамики и другие материалы. Сварку можно вести на воздухе, под водой и в вакууме, в знойных песках Сахары и во льдах Арктики.

16 октября 1969 г. летчики-космонавты СССР Т. С. Шонин и В. Н. Кубасов на борту космического корабля "Союз-6" впервые в мире осуществили сварку в условиях космического вакуума и невесомости.

В своем победном шествии сварка теснит другие исконные способы неразъемного соединения металлов: клепку, литье, ковку, а иногда и штамповку. Часто сварка вступает в творческое содружество со своими конкурентами. В результате создаются сварно-литые, сварно-кованые и сварно-штампованные изделия.

### ИСТОРИЯ КУЗНЕЧНОГО ДЕЛА

Население Восточной Европы осваивало технологию добычи и обработки железа до рубежа IX-VIII вв. до н.э. В лесной полосе этот процесс проходил главным образом в VIII в. до н.э. Первые предметы довольно просты: шилья, долота, ножи, но в их обработке уже применялись такие операции, как сварка и ковка. Основными орудиями были молоты, молотки, зубила, клещи, мехи для поддержания пламени в горне.



1



2



3

Рис. ПЗ.3.2. Ковка железа:  
1 – кузница Средних веков; 2 – мехи для разогревания горна; 3 – памятник кузнецу в г.Москве

При плавке металла и его кузнечной обработке ис-

Название дисциплины

пользовали мехи. Первоначально это было примитивное приспособление для нагнетания воздуха с растягивающимися кожаными складчатыми стенками. В IV веке до н.э. в Китае были изобретены более совершенные мехи двойного действия (рис. ПЗ.3.2). Эти мехи состояли из длинной прямоугольной полости, в которой передвигался поршень, приводимый в действие рабочим (несколько столетий спустя для этого стали использовать водяное колесо). Для герметичности поршень обкладывался перьями или тряпками. С концов коробки были установлены клапаны. Воздух нагнетался при прямом и обратном движении поршня благодаря действию переключающихся клапанов. Таким образом, эти мехи позволяли производить равномерное дутье. Сопла мехов имели железные носики, что увеличивало их эффективность.



Рис.ПЗ.3.3. Поршневые кузнечные мехи

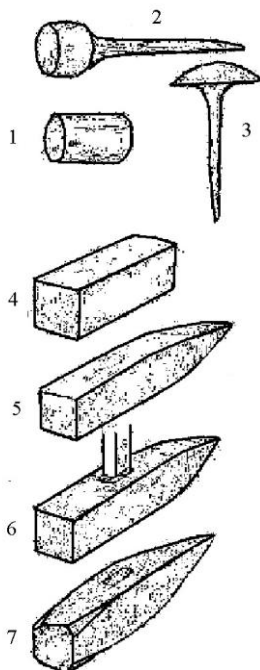


Рис.ПЗ.3.4. Последовательность изготовления:

а – гвоздя (1, 2, 3);

б – кузнечного молотка  
(4, 5, 6, 7)

Несмотря на довольно простые инструменты, использовавшиеся в кузнечном деле изготавливаемые орудия получались неплохого качества, а техпроцесс их изготовления был довольно сложным. В качестве примеров на рис.ПЗ.3.3 представлены операции изготовления гвоздя, молотка и лопаты.

1. Гвоздь может служить в качестве примера одного из самых простых изделий (рис.ПЗ.3.4). Порядок осуществления операций: из подготовленного прутка мягкого железа путем осадки получали стержень (1), который подвергали вытяжке и заострению (2). Шляпку гвоздя высаживали в отверстия наковальни или же в отверстия какой-либо иной плиты (3). Гвозди небольших размеров отрубали, по-видимому, из прутка, имевшего форму проволоки, как это представлено в реконструкции. Для изготовления гвоздей было достаточно осуществить 3-4 простые и быстро выполняемые операции, возможно, с одним или двумя нагревами. Подобными простыми изделиями являются заклепки и ско-

## Название дисциплины

бы; наверное, еще более простая технология использовалась при изготовлении простых крюков и задвижек (вытяжка, гибка, заострение).

2. Остроносый молоток (кузнечный, пробойный, найден в населенном пункте Леви-Градец, Чехия. Из куска стали (или железа 4) вытягивали и заостряли нос (5), пробойником пробивали отверстие (6), сглаживали углы со стороны бойка (7). Затем поверхность изделия науглероживали и закаливали. Подобным образом можно было изготавливать многочисленные типы молотов и молотков, используемых в самых разных целях, при этом могли применить также расщепление (у гвоздодеров) или осадку.



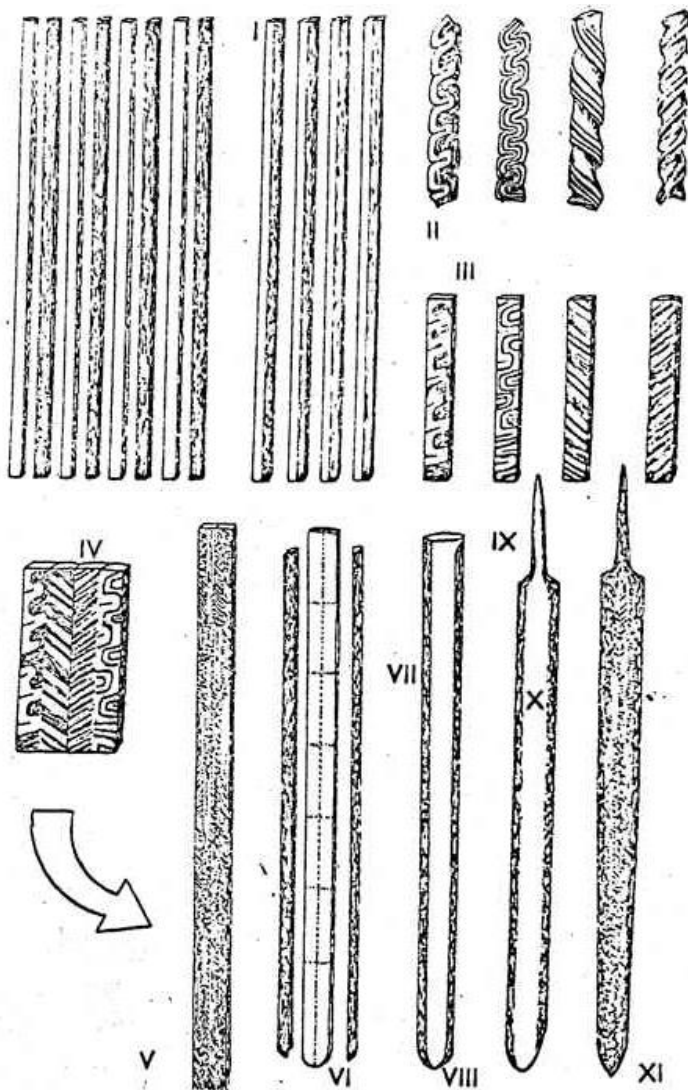


Рис. ПЗ.3.5. Упрощенная реконструкция процесса изготовления меча

франкского типа из дамасской стали

3. Клинок меча, изготовленный из сварочного дамаска (упрощенный метод изготовления, рис. 3.3.5). Если в процессе изготовления простых поковок выделяются 5–6 операций, а в сложных поковках – 6–15 операций, то особый интерес представляет сравнение их изготовления с изготовлением да-

## Название дисциплины

масского клинка франкского типа. Первым делом подготавливали дамаскированные прутки, получаемые путем сварки стальной и железной проволоки (1): они могли состоять из двух и даже 3-5 слоев, что, конечно, соответствующим образом влияло на увеличение числа операций. Затем такие прутки подвергали сложному кузнечному закручиванию и гибке или изгибанию кручением вокруг оси (2), после чего их перековывали. Наконец, после того как прутки становились короче, их выравнивали (3). Сейчас трудно установить, сколько же таких прутков требовалось для изготовления клинка. Гипотетически можно предположить, что для получения одной панели нужно было сварить 4 прутка. А для изготовления клинка следовало иметь несколько таких панелей, например, 14 (см.рис.ПЗ.3.5). Это означает, что сварку приходилось производить 24 раза (5), прежде чем из этих панелей удавалось выковать "сердцевину", или срединную часть клинка. На эту срединную часть с обеих сторон наваривали стальные лезвия (6), которые затем заостряли (7). После этого путем вытяжки изготавливали черенок, делали, острие (8–9) и, наконец, производили обработку поверхности (ковка желобка 10, полировка 11, заточка, травление). К этим операциям следует добавить закалку и отпуск, однако в их число не включают подгонку рукоятки и перекрестия к мечу, так как эту операцию могли производить в иной мастерской. Если со знанием дела подойти к подсчету операций и приемов, то, начиная со сварки и закручивания прутков и кончая ковкой клинка, их можно насчитать более 300–400, и большинство из них связано с нагревом и потерей материала (окалина) и с опасностью обесценить работу в результате перекалывания, обезуглероживания, перегрева, пережога металла.

Мечи, изготовленные по описанной технологии, еще называли узорчатыми, потому что после полировки проступали очертания разных полос и проволок. Узорчатые мечи были у римлян, и они откровенно смеялись над тяжелыми мечами галлов, изготовленными из простого железа, которые гнулись после нескольких ударов, и их приходилось выпрямлять ногой.

Так, совершенно неоспоримо то, что к IV веку н.э. узорчатые мечи уже были широко распространены в Римской империи. Об этом свидетельствует т.н. «нидамская находка». Археологи нашли у побережья Дании, в бухте близ Нидама, три затонувших римских корабля. Вместе с другим оружием с этих судов подняли сто неплохо сохранившихся мечей. Девяносто из них имеют узорчатые клетки, а металлографические исследования показали, что их средняя часть сварена из отдельных многослойных узорчатых

полос, скрученных в разных направлениях. В железе сердцевины отмечено высокое содержание фосфора, а приваренные лезвия были стальными с содержанием углерода от 0,3 до 0,6 %, средняя длина клинков 75 см при ширине около 5 см, и на них стоят клейма мастеров с германскими именами, но с римскими окончаниями – Рикус, Кокшус, Рикким. Такие мечи носят название «спада», а их владельцы – римляне «официально» считаются изобретателями узорчатых мечей.

Не только на севере Европы, но и в других районах Римской империи умели ковать хорошие мечи. Например, о привозимых из Испании мечах Филон Византиец в III веке н.э. писал так: «Если нужно их испытать, то берут правой рукой меч, кладут его горизонтально на голову и сгибают на обе стороны, пока концы не коснутся плеч. Тогда отводят быстро обе руки в сторону, а меч, свободно отпущенный, станет снова прямым и вернется к своей прежней форме так, что никакой мысли о кривизне не остается. Сколько бы раз это ни проделывали, мечи остаются прямыми».

О прекрасных мечах, изготовленных мастерами несколько более поздних времен, говорится в датируемом началом VI века н.э. письме Теодориха Великого – короля остготов. В этом письме он выражал признательность вождю германского племени гварнеров (вандалов) Тразамунду за присланные в подарок мечи.

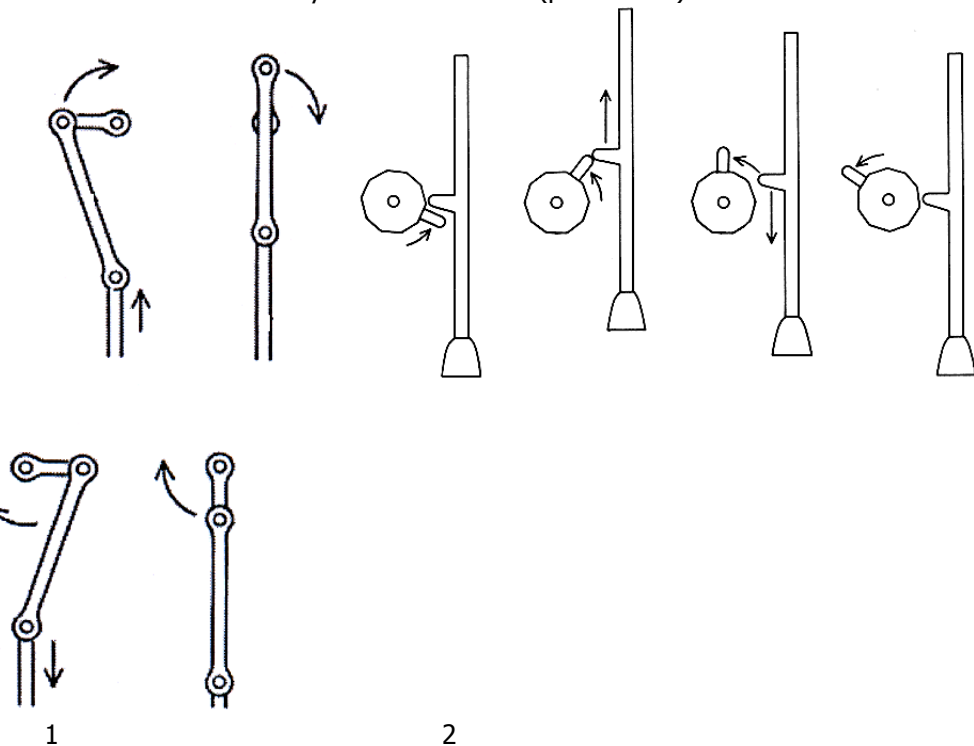
Теодорих пишет: «Мечи эти разрубают даже брони и более дороги качеством железа, чем ценностью золота. Их полированная поверхность блестит в полосе так, что ясно отражает черты смотрящего. Лезвия выточены так равномерно остро, что можно подумать, будто они вышли из плавки, а не выкованы из отдельных полос. В их выточенных прекрасными долами серединах, кажется, видишь мельчайшее переплетение червячков столь различных оттенков, что чудится, будто светящийся металл пропитан разными красками».

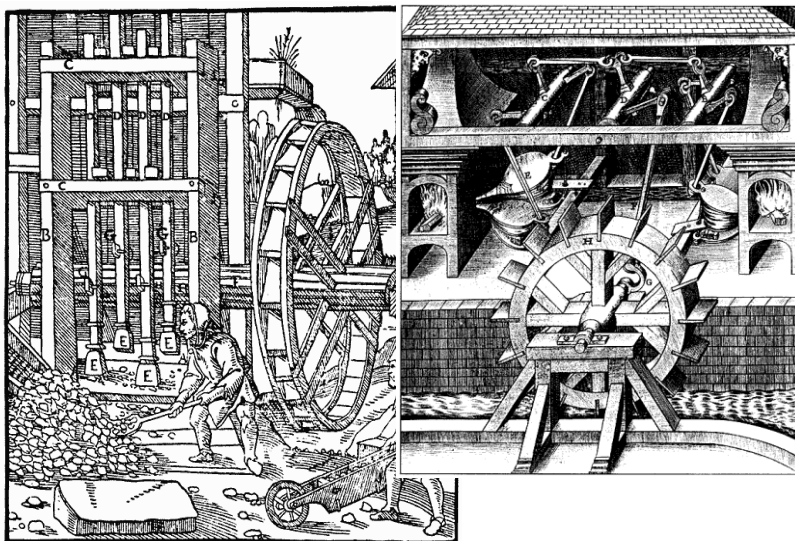
Эти сведения помогают осознать, насколько редки из-за этого были подобные изделия и как дорого они стоили. Это помогает понять, почему, приобретая такой меч, расплачивались земельными участками и усадьбами; этот факт ни в коей мере не означает, что земля ценилась недостаточно высоко – ведь она была основным средством производства, и владение ею в Средневековье означало владение всем – это говорит только о том, сколь высоко ценили изделие, для производства которого пришлось затратить столько труда, что его едва можно измерить в единицах измерения времени.

Повышение производительности кузнечного ремесла нача-

Название дисциплины

лась в те времена, когда кузнец стал использовать в своей работе водяные двигатели и когда были изобретены кулачковые и кривошипно-шатунные механизмы (рис.ПЗ.3.6).





3

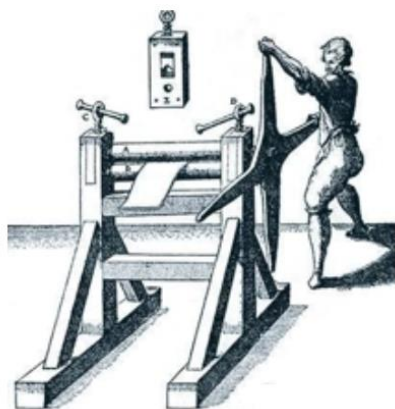
Рис. ПЗ.3.6. Измельчение кусковых материалов на основе водяных молотов

с кривошипно-шатунными и кулачковыми механизмами:

1 – схема действия средневекового кривошипно-шатунного механизма; 2 – схема ударного устройства для измельчения материалов, основанного на кулачковом механизме; 3 – кузница XV века с использованием подливного водяного колеса и кривошипно-шатунного механизма для привода воздуходувки

По мере развития машинно-фабричного производства изменялись функции кузнечной обработки в металлургии и машиностроении. Раньше при кричном переделе молот не только был составной частью основного технологического оборудования, связанного с получением компактного кричного железа, но и применялся на конечной стадии производства для отковки из него разнообразных полуфабрикатов и изделий (полосы, прутки и т.п.). В технологическую схему пудлингового производства, ставшего в рассматриваемый период основным в железодельной промышленности, вместо кузнечной обработки крицы под молотом был введен прокатный стан, с помощью которого осуществлялись одновременно обжим крицы в калиброванных валках и прокатка сортового железа (рис. ПЗ.3.7). В результате частично отпали трудоемкая кузнечная обработка крицы под молотом и последу-

ющая ее расковка на прутки и полосы, которые с большей эффективностью стали изготавливать прокаткой. Молот сохранился в железоделательном производстве в основном для предварительного слабого обжатия крицы, поступающей в валки прокатного стана (рис. ПЗ.3.8).



1

2

Рис. ПЗ.3.7. Первые механизмы для проката листового металла:

1 – прокатка свинцовых листов для органных труб; 2 – прокатный стан XVII века

Переход в приводе машин от водяных двигателей к паровым дал мощный толчок развитию машиностроения, паровые приводы прокатных станов позволили получать листовое железо, из которого стали строить корабли большого тоннажа (см. рис. ПЗ.3.7).



1



2

Рис. ПЗ.3.8. Молоты XVIII века:  
 1 – с кривошипно-шатунным механизмом (музей Уральского горного института);  
 2 – с кулачковым приводом (Немецкий музей техники, г. Мюнхен)

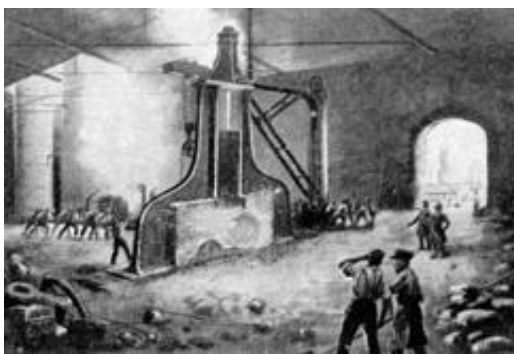
Вместе с тем, в условиях бурного развития машиностроения непрерывно возрастала потребность в крупных кованных деталях для разнообразных машин и механизмов и прежде всего в судостроении. Машиностроение становится средоточием специализированных цехов по кузнечной обработке металла, стимулируя создание мощных паровых молотов. Их значение еще более возрастает после появления в 50–60-х годах XIX в. массовых способов производства литой стали. Бессемеровский и мартеновский процессы получения литой стали, революционизировавшие черную металлургию, предоставили в распоряжение машиностроителей крупные стальные отливки, обработка которых потребовала сверхмощных паровых молотов. Среди потребителей таких молотов были орудийные, судостроительные, механические и другие заводы.

Крупнейшим событием XIX века в истории техники кузнечного производства явилось изобретение английским инженером Д. Нейсмитом парового молота, сыгравшего большую роль в дальнейшем развитии машиностроения, транспорта и артиллерии. Первый паровой молот был построен в 1842 году.

Отличаясь простотой устройства, большой эффективностью, молот Д. Нейсмита быстро революционизировал обработку металлов и заложил прочные основы для дальнейшего прогресса паровых кузнечных машин на многие десятилетия вперед.

Название дисциплины

Паровой молот Д. Нейсмита сразу же показал свои неоспоримые преимущества перед распространенными в конце XVIII – начале XIX в. механическими рычажными молотами. Паровые молоты были во много раз мощнее и гораздо компактнее рычажных, позволяли обрабатывать крупные поковки металла благодаря большой высоте подъема бабы с бойком (рис. ПЗ.3.9).



1



2

Рис. ПЗ.3.9. Паровые молоты:  
1 – молот Д. Нейсмита (1843 г.); 2 – 125-тонный молот Вифлиемской компании (США), 1891 г.

Именно эти важнейшие для любой развитой ковочной машины качества отсутствовали у механических рычажных молотов.

Одним из ведущих отечественных предприятий, оборудованных мощным кузнечным производством, был Обуховский завод в Петербурге, на котором в 1863 г. началось изготовление стальных артиллерийских орудий. В 1865 г. здесь установили крупнейший по тем временам паровой молот простого действия системы Моррисона с массой падающих частей 35 т. Этот молот был в состоянии обрабатывать стальные слитки массой 8-12 т.

Интенсивно развивалось производство кузнечного оборудования, в том числе тяжелых паровых молотов, в Англии, Франции,



Германии и США. В 1877г. во Франции на заводе "Шнейдер и К<sup>о</sup>" в Крезе был установлен 100-тонный паровой молот, на котором ковали стальные слитки массой до 100 т.

К началу XX столетия производство гигантских молотов прекратилось, так как выявились большие трудности в их производстве и эксплуатации. Здесь же отметим, что паровые молоты меньшей мощности продолжали совершенствоваться и широко применяться в различных отраслях промышленности не только на протяжении второй половины XIX в., но и в течение первых десятилетий двадцатого столетия.

Середина XIX в. ознаменовалась дальнейшим столь же крупным событием – применением в кузнечном производстве гидравлических прессов.

Изобретателем гидравлического пресса считают англичанина Д.Брама (1795 г.).

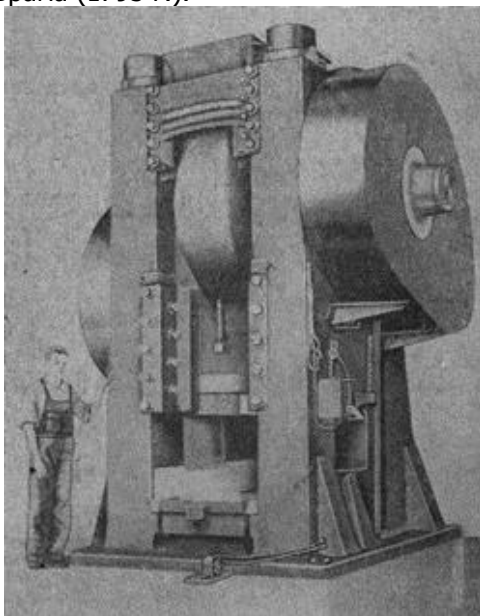


Рис. ПЗ.3.10. Гидравлический пресс

Харьковского паровозостроительного завода (1906 г.)

В России дляковки гидравлический пресс впервые применен в 1847 г., причем этот пресс напоминает современную конструкцию гидравлического пресса с грузовым аккумулятором. В последующие годы были разработаны новые конструкции прессов (рис. ПЗ.3.10); в настоящее время имеются десятки разновидностей этих машин-орудий, применяемых дляковки и штамповки.

Наиболее крупные прессы того времени имели усилие 140 МН. Русские прессы работали на давлении жидкости до 400–450 атм и были установлены на многих заводах: на Таганрогском – для изготовления бандажей железнодорожных колес (усилие прессы 6 МН), на Харьковском заводе Русского паровозостроительного и механического общества для изготовления днищ котлов диаметром до 2300 мм (усилие прессы 3 МН) и железнодорожных колес (усилие прессы 6 МН), на Луганском паровозостроительном заводе Гартмана для котельных работ (усилие прессы 5 МН), на Обуховском заводе для ковки слитков массой до 30 т (усилие прессы 50 МН) и для прессования стали в изложницах в момент остывания (усилие прессы 75–100 МН), на Балтийском заводе для ковки (усилие прессы 12 МН) и т. д.

Соответствующими исследованиями установлено, что работа молота, затрачиваемая на изготовление поковки, в 4–10 раз больше, чем аналогичная работа прессы над такой же поковкой.

В настоящее время в кузнечно-прессовых цехах применяются горизонтально-ковочные машины, эксцентриковые, винтовые прессы, кривошипно-шатунные, горячештамповочные прессы, штамповочные молоты, гидропрессы и другие машины для обработки металлов давлением.

### ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТОКАРНОГО СТАНКА

Токарные станки были изобретены и применялись еще в глубокой древности. Они были очень просты по устройству, весьма несовершенны в работе и имели вначале ручной (ПЗ.3.11), а впоследствии ножной привод (рис. ПЗ.3.12).

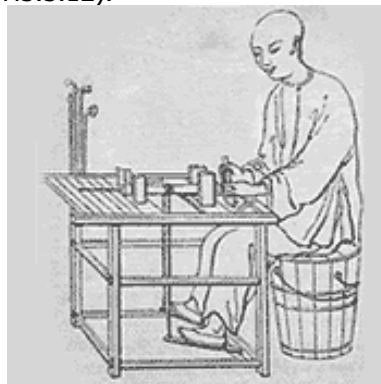
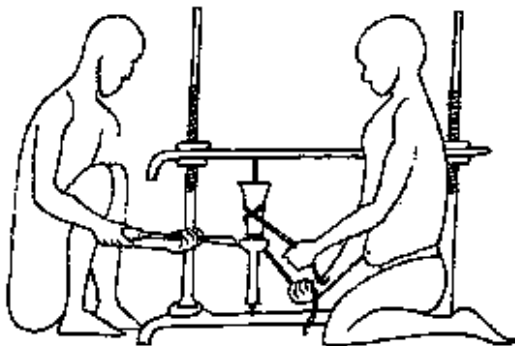


Рис.ПЗ.3.11. Древнеегипетский токарный станок приблизительно 300-й век до нашей эры

Рис.ПЗ.3.12. Древнекитайский токарный станок с ножным приводом

При ручном приводе обтачиваемое изделие, установленное на двух деревянных стойках, обрабатывали два человека. Один вращал при помощи веревки изделие то вправо, то влево, а другой держал в руках инструмент и обрабатывал им изделие (рис. ПЗ.3.13).

Следы первых подобных станков найдены на изображениях гробниц Древнего Египта, станок состоял из двух деревянных или костяных центров, в которых заготовку вращали также с помощью лука (ПЗ.3.14). Суппортом древнему токарю служила собственная рука или нога, поэтому и производительность, и точность обработки по нынешним меркам оставляли желать лучшего. Впрочем, некоторым африканским племенам лучковые станки служат до сих пор. Интересное наблюдение, что во все времена существования токарного ремесла всегда изготавливались детские игрушки. В г. Зонненберге в музее игрушки хранится коллекция игрушек, изготовленных в Греции в V веке до н.э.

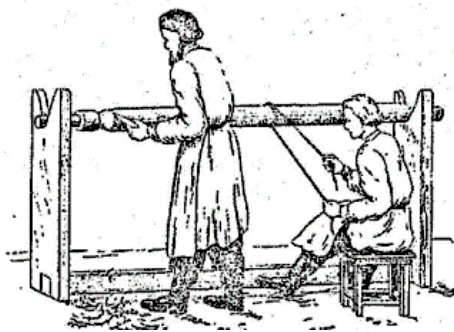


Рис. ПЗ.3.13. Древний токарный станок

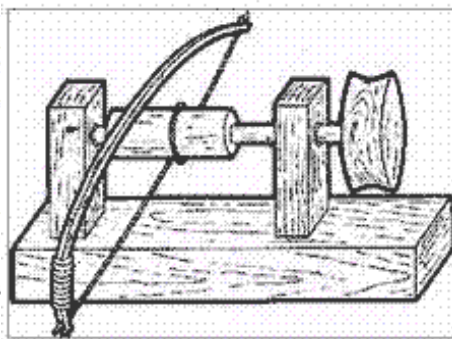


Рис. ПЗ.3.14. Древний токарный станок, вращающийся с помощью лука

Средневековый токарный станок с оцепом (гибкой жердью) устроен следующим образом (рис. ПЗ.3.15). Оцеп связан с педалью веревкой, обвивающей деталь. При нажатии на педаль деталь закручивается, при отпуске делает обратное движение. Позднее оцеп стали делать жестче и связывать с маховиком, что позволяло запасать значительную энергию. Вследствие этого

изобретения токарь свободно владел двумя руками для удержания резца, хотя мог точить только тогда, когда деталь вращалась в нужном направлении. Процесс изготовления становится более рациональным.

Принципиальный переворот в развитие токарного дела внес Леонардо да Винчи, он изобрел маховик, зубчатую передачу, винтовую резьбу, а также токарный станок, нарезающий резьбу с прерывистым движением. Правда, намного более удачным был резьбонарезной станок с непрерываемым движением, который был оценен в промышленности и введен в эксплуатацию лишь через несколько столетий.

Старинный русский токарный станок ножного привода показан на рис.ПЗ.3.16. Этот станок совершеннее ручного: более устойчивое взаимное положение изделия и инструмента обеспечивало и более точную обработку, а замена ручного привода ножным позволила работать на станке вместо двух одному человеку. Обтачиваемое изделие устанавливалось на заостренных деревянных клиньях 1 и 2 (первых представителях современных центров). Клин 1 закреплялся в стойке наглухо, а клин 2 передвигался до упора в изделие 3 и закреплялся вспомогательным клином 4. Веревка 5, навитая на изделие на 1–2 оборота, одним концом прикреплялась к гибкой жерди 6, а другим – к деревянной подножке 7. Нажимая ногой на подножку, токарь приводил во вращение обтачиваемое изделие. Удерживая обеими руками режущий инструмент, опирающийся о деревянный брусок 8, он прижимал инструмент к изделию и обрабатывал его.



Рис. ПЗ.3.15. Средневековый токарный станок с оцепом (гибкой жердью)

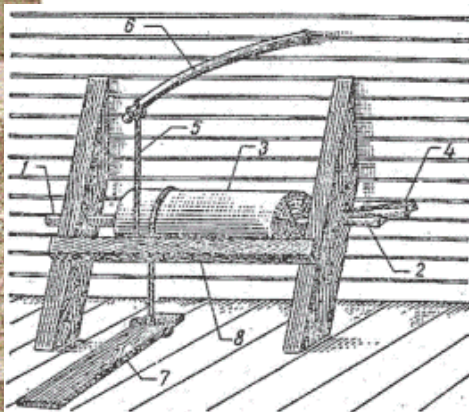


Рис. ПЗ.3.16. Старинный русский токарный станок

Затем нажим ноги на подножку прекращался, гибкая жердь выпрямлялась, тянула веревку вверх и вращала изделие в обратном направлении. Обтачивание в это время прерывалось, и таким образом, как и на ручном станке, почти половина рабочего времени тратилась бесполезно.

Токарные станки, показанные на рис.ПЗ.3.11-ПЗ.3.16, применялись главным образом для обработки деревянных изделий. Необходимость обработки металлических изделий ускорила развитие токарных станков, хотя это развитие происходило очень медленно.

Примерно к 1430 г. вместо оцепы стали применять механизм, включающий педаль, шатун и кривошип, получив, таким образом, привод, аналогичный распространенному в XX веке ножному приводу швейной машинки. С этого времени заготовка на токарном станке получила вместо колебательного движения вращения в одну сторону в течение всего процесса точения.

В 1500 г. токарный станок уже имел стальные центры и люнет, который мог быть укреплен в любом месте между центрами.

На таких станках обрабатывали довольно сложные детали, представляющие собой тела вращения (вплоть до шара). Но привод существовавших тогда станков был слишком маломощным для

## Название дисциплины

обработки металла, а усилия руки, держащей резец, недостаточными, чтобы снимать большую стружку с заготовки. В результате обработка металла оказывалась малоэффективной, необходимо было заменить руку рабочего специальным механизмом, а мускульную силу, приводящую станок в движение, более мощным двигателем.

Появление водяного колеса привело к повышению производительности труда, оказав при этом мощное революционизирующее действие на развитие техники. А с середины XVI в. водяные приводы стали распространяться в металлообработке.

В середине XVI Жак Бессон (умер в 1569 г.) изобрел токарный станок для нарезки цилиндрических и конических винтов.

В начале XVIII века [Андрей Константинович Нартов](#) (1693-1756), механик Петра I, изобрел оригинальный токарно-копировальный и винторезный станок с механизированным [суппортом](#) и набором сменных зубчатых колес.

К идее механизированного передвижения резца изобретатели шли долго. Впервые эта проблема особенно остро встала при решении таких технических задач, как нарезание резьбы, нанесение сложных узоров на предметы роскоши, изготовление зубчатых колес и т.д. Для получения резьбы на валу, например, сначала производили разметку, для чего на вал навивали бумажную ленту нужной ширины, по краям которой наносили контур будущей резьбы. После разметки резьбу опиливали напильником вручную. Не говоря уже о трудоемкости такого процесса, получить удовлетворительное качество резьбы таким способом весьма трудно. А.К. Нартов не только решил задачу механизации этой операции, но в 1718-1729 гг. сам усовершенствовал схему. Копировальный палец и суппорт приводились в движение одним ходовым винтом, но с разным шагом нарезки под резцом и под копиром. Таким образом было обеспечено автоматическое перемещение суппорта вдоль оси обрабатываемой заготовки. Правда, поперечной подачи еще не было, вместо нее было введено качание системы "копир-заготовка". Поэтому работы над созданием суппорта продолжались. Свой суппорт создали, в частности, тульские механики Алексей Сурнин и Павел Захава.

Андрей Константинович Нартов, один из самых замечательных русских техников XVIII в., воспитанник Московской школы «математических и навигационных наук», впервые в мире в 1715 г. изобрел и затем построил токарно-копировальный станок с суппортом – механическим держателем режущего инструмента, заменяющим руку человека. На этом станке, хранящемся ныне в

Название дисциплины

Государственном Эрмитаже в Санкт-Петербурге, сохранилась надпись: «Начало производства к строению махины 1718-го, решена 1729 году. Механик Андрей Нартов». В 1719 г. Нартов писал Петру I из Лондона о том, что он «здесь таких токарных мастеров, которые превзошли российских мастеров, не нашел, и чертежи махинам, которые ваше царское величество приказал здесь сделать, я мастерам казал, и оные сделать по ним не могут...». Так при первом знакомстве Нартова с зарубежной техникой он смог убедиться в том, что русские мастера не только не уступают зарубежным, но и превосходят их.



а)



б)

Рис. ПЗ.3.17. Ученые, занимавшиеся разработкой токарных станков: а – А.К. Нартов; б – Г. Модсли

А.К. Нартов опередил почти на столетие Генри Модсли, которому необоснованно приписывается буржуазными авторами изобретение суппорта в 1797 г. Хранящиеся в Государственном Эрмитаже станки Нартова доказывают, что он еще в начале XVIII в. работал на станках своего изобретения, на которых еще с большей точностью, чем в конце XVIII в у Модсли, можно было изготовлять, притом автоматически, металлические изделия любой формы. Изобретение суппорта ознаменовало собой начало новой эпохи в развитии не только токарных, но и других металло-режущих станков. Следовательно, благодаря изобретению А. К.

Нартова Россия почти на столетие опередила Западную Европу и Америку в создании токарных станков с суппортами (рис. ПЗ.3.17).

Накопленный опыт позволил к концу XVIII века создать универсальный токарный станок, ставший основой машиностроения. Его автором стал [Генри Модсли](#). В 1794 г. он создал конструкцию суппорта, довольно несовершенную. В 1798 г., основав собственную мастерскую по производству станков, он значительно улучшил суппорт, что позволило создать вариант универсального токарного станка (рис. ПЗ.3.18). В 1800 г. Модсли усовершенствовал этот станок, а затем создал и третий вариант, содержащий все элементы, которые имеют токарно-винторезные станки сегодня. При этом существенно то, что Модсли понял необходимость унификации некоторых видов деталей и первым стал внедрять стандартизацию резьб на винтах и гайках. Он начал выпускать наборы метчиков и плашек для нарезки резьб.

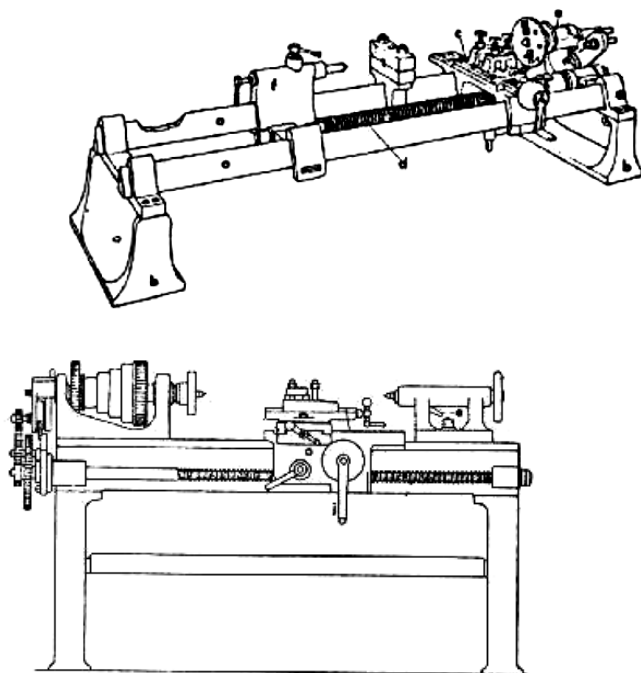


Рис. ПЗ.3.18. Токарный станок Г.Модсли (1797)

Одним из учеников и продолжателей дела Модсли был Р.



Робертс. Он улучшил токарный станок тем, что расположил ходовой винт перед станиной, добавил зубчатый перебор, ручки управления вынес на переднюю панель станка, что сделало более удобным управление станком. Этот станок работал до 1909 г.

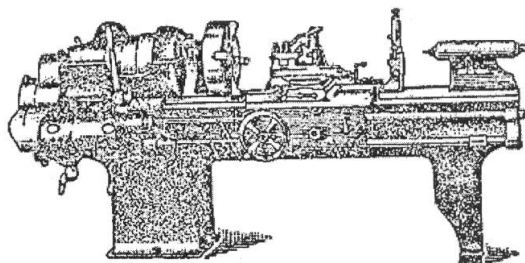
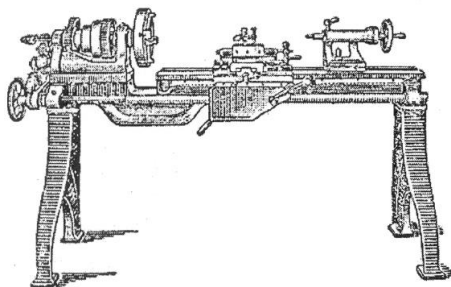
Другой бывший сотрудник Модсли – Д. Клемент создал лоботокарный станок для обработки деталей большого диаметра. Он учел, что при постоянной скорости вращения детали и постоянной скорости подачи по мере движения резца от периферии к центру скорость резания будет падать, и создал систему увеличения скорости.

В 1835 г. Д. Витворт изобрел автоматическую подачу в поперечном направлении, которая была связана с механизмом продольной подачи. Этим было завершено принципиальное совершенствование токарного оборудования.

Следующий этап – автоматизация токарных станков. Здесь пальма первенства принадлежала американцам. В США развитие техники обработки металлов началось позднее, чем в Европе. Американские станки первой половины XIX в. значительно уступали станкам Модсли.

Во второй половине XIX в. качество американских станков было уже достаточно высоким. Станки выпускались серийно, причем вводилась полная взаимозаменяемость деталей и блоков, выпускаемых одной фирмой. При поломке детали достаточно было выписать с завода аналогичную и заменить сломанную деталь на целую без всякой подгонки.

Во второй половине XIX в. были введены элементы, обеспечивающие полную механизацию обработки: блок автоматической подачи по обеим координатам, совершенная система крепления резца и детали. Режимы резания и подач изменялись быстро и без значительных усилий. В токарных станках имелись элементы автоматики: автоматический останов станка при достижении определенного размера, система автоматического регулирования скорости лобового точения и т.д. (рис ПЗ.3.19).



а)

б)

Рис. ПЗ.3.19. Токарные станки XIX – начала XX века:  
 а – станок Тульского оружейного завода (1850 г.);  
 б – токарно-винторезный станок Путиловского завода  
 (начало XX века)

Таким образом, до появления современного токарного станка был пройден тяжелый путь от древних времен, когда использовались станки с применением ручной физической силы, до сегодняшнего момента, когда применяются полностью или частично автоматизированные станки, имеющие большую производительность и меньшие затраты рабочей силы.

### ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПОДШИПНИКОВ

Жизнь современного человека полна чудес, но мы привыкли не замечать их. Привычные блага цивилизации не вызывают восторга, и технические новшества интересуют нас только с функциональной стороны. Детский вопрос «а что там внутри?» с возрастом исчезает, а ремонт вышедшего из строя «чуда» мы все чаще оставляем профессионалам. Знаменитая русская смекалка потеряла свою актуальность, и дух изобретателя живет теперь в единицах. Действительно, проще пойти в магазин и приобрести велосипед, чем придумывать его самому. Нам нельзя тратить время, нам нужно двигаться дальше... Да, жизнь – это движение. И почти всегда двигаться «ожившим» механизмам помогает подшипник. Вот об истории такого привычно незнакомого подшипника и пойдет дальше речь.

Как только не пытаются его назвать: и подшипником, и пошипником. И происходит это не только от безграмотности, но и от незнания предмета. А, между тем, практически во всех европейских языках слово «подшипник» имеет свое уникальное звучание и написание. В словаре Даля подшипником называется та часть, «подушка», на которой лежит шип оси или вала, т.е. опора для оси, отсюда «под шип». И в европейских языках это слово всегда имеет второе значение – опора, подушка.

Это говорит о том, что у каждого народа сформировалось свое представление о подшипниках. И предмет этот настолько необходим, что частое употребление слова сделало его «своим», а время нисколько не повлияло на его значение и актуальность. В языке так происходит только с «нужными» словами. Вот, к при-

меру, «штангенциркуль» не знаете, как по-русски будет?

Человек давно и успешно использует подшипник. И основополагающую роль в истории подшипника играет процесс трения. Именно изучение и поиск путей преодоления трения дали жизнь примитивным “архиподшипникам” скольжения много тысяч лет назад, на заре развития человечества. Возраст таких подшипников около 7000 лет. Это эпоха неолита – время когда человек приобрел умение сверления отверстий в камне и не только. Кстати, именно к тому времени относятся первые успехи человека в стоматологии. Изготавливались такие подшипники из камня и широко применялись в сверлильных инструментах и прядильных веретенах.

Следующий этап (около 5000 лет назад) в истории подшипника начался с изобретением колеса, которое позволило заменить скольжение на качение. До изобретения колеса транспортировка грузов осуществлялась, главным образом, за счет скольжения (сани, волокуши). Но в Древнем Египте уже в середине III тысячелетия были распространены каменные шары и ролики, которые использовались при перемещении больших тяжестей (рис.ПЗ.3.20). Но существовало одно ограничение: их использование было ограничено из-за отсутствия системы дорог с твердым каменным покрытием. Такой способ перемещения больших тяжестей просуществовал еще довольно долго. В России по такому принципу осуществлялась транспортировка первых кораблей Петра I. А позднее, знаменитый гром-камень – постамент для Медного Всадника весом в 1600 тонн – почти таким же образом проделал путь от Лахты до Сенатской площади в Санкт-Петербурге. Прямыми наследниками подобного способа перемещения стали подшипники линейного перемещения.

История борьбы подшипников с силой трения была бы неполной без упоминания о смазке. В Асуанской долине, месте где египтяне добывали большое количество кварцита и гранита для строительных нужд, сохранились гладкие полотна уплотненного грунта – следы древних дорог, по которым перемещали грузы. Для лучшего скольжения они смазывались глиной, которую постоянно увлажняли. Ко времени изобретения колеса относятся и первые дошедшие до нас образцы приготовленной смазки. Первоначально для этого использовали различные растительные масла: от подсолнечного до масла кокоса. Но такие масла отличаются низкой вязкостью и быстрым высыханием. Дольше и эффективнее в качестве смазки служили животные жиры. На Среднем Востоке смазки готовили путем продолжительного выварива-

ния нефти (по арабски звучит как нафта, с ударением на последнем слог), которая в тех краях часто выходила на поверхность. По характеристикам такая мазь была близка к получаемой из коры деревьев. В России в качестве такой мази использовали деготь, получаемый из бересты березы.

В основном состав смазки был приблизительно один и тот же: минерал, чаще всего кальций, смешанный с мазью растительного или животного происхождения. В таком виде смазка неизменно применялась вплоть до XIX века. Обуславливалось это тем, что скорость работы смазываемых поверхностей была достаточно низка. С развитием техники потребовались смазки более долговечные и эффективные. В конце XIX века появились смазки на основе минеральных масел, существующие по сей день. Во второй половине XX века вследствие улучшения технологий обработки нефтематериалов были изобретены смазки на синтетической основе.

Но вернемся к подшипнику. Прототип современного сепаратора воплотился в творении инженера Александра Македонского – Диадеса. Инженерная мысль гения позволила войску Александра одержать множество великих побед. Одним из таких изобретений была осадная вышка с подвижным тараном, который передвигался на роликах по специальным желобкам. Ролики фиксировались относительно друг-друга с помощью специальной корзины, что позволяло совершать возвратно-поступательные движения без угрозы разрушения конструкции.

Считается, что история современного подшипника начинается с Леонардо да Винчи. В начале I века нашей эры император Цезарь Калигула отдал приказание построить два гигантских корабля. Один из них должен был стать дворцом, а другой храмом в честь покровительницы Калигулы – богини Дианы. При их строительстве были применены все передовые достижения инженерной мысли того времени. Построены они были в 40-м году н.э. Известно, успел ли воспользоваться ими император, поскольку в 41-м году он был убит, а корабли были затоплены как наследие тирана. Попытки поднять их со дна озера предпринимались неоднократно, но почти девятнадцать веков пролежали на дне озера Неми (Италия) два гигантских корабля. Пять лет (с 1927 по 1932 года) продолжалась операция по их подъему. Озеро было почти полностью осушено, и корабли все-таки смогли доставить на берег. При изучении этих кораблей было сделано много удивительных открытий. Среди них – конструкция опорного подшипника. Причем в нескольких исполнениях! На кораблях были устроены

поворотные платформы, которые поворачивались за счет размещения тел качения в основании каждой. В одной были использованы конусообразные ролики, в другой – бронзовые шары. Устройство поворотных платформ было очень близко к современным упорным подшипникам: между двух дисков по окружности через равные промежутки помещались тела качения. Равномерность распределения по окружности достигалась за счет помещения тел качения на штифты, которые вторым концом крепились к оси вращения платформы. Таким образом, тела качения вращались вокруг одной оси: в наше время доказано, что применение шариков в упорных подшипниках более эффективно, но во времена Древнего Рима это преимущество сходило на нет из-за подобного ограничения подвижности тел качения (шарики на штифтах).

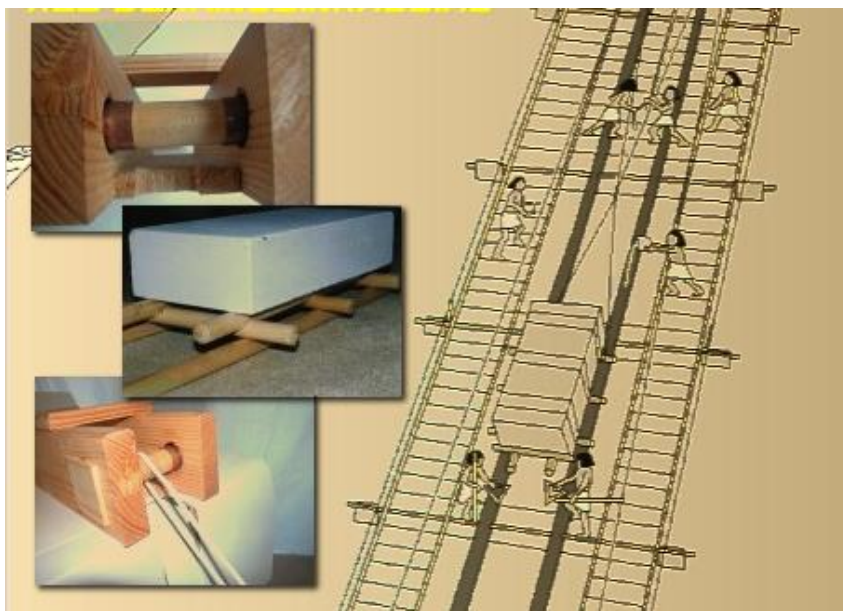


Рис. ПЗ.3.20. Линейные подшипники древности

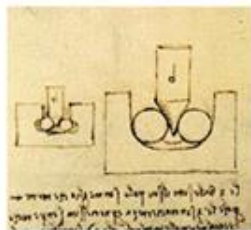


Рис.ПЗ.3.21. Чертеж и макет подшипника конструкции Леонардо да Винчи

К сожалению, корабли не сохранились до наших дней – 31 мая 1944 года они были сожжены покидавшими Италию фашистами.

С начала нашей эры и до эпохи Возрождения отсутствует какая-либо информация о развитии конструкции подшипников качения. Только Леонардо да Винчи во многих своих изобретениях использовал опоры качения, и именно его с полным на то основанием можно назвать изобретателем подшипника качения. Леонардо да Винчи создал рисунок идеальной цапфы подшипника. Его мысль нашла применение в конструкции шарикоподшипника, состоящего из внутреннего и внешнего колец, между которыми размещены вращающиеся шарики (рис.ПЗ.3.21).

Первый металлический подшипник качения был установлен в опоре ветряка, построенного в 1780 году в Англии, в Спрвостоне. Подшипник состоял из двух литых из чугуна дорожек качения, между которыми находилось 40 чугунных шаров.

В XIX веке продолжалось совершенствование конструкции подшипников качения, а также расширение их применения в машинах и механизмах. Однако лишь на исходе столетия внедрение технологии абразивной обработки позволило достичь достаточной твердости и точности элементов подшипника. До этого в

## Название дисциплины

производстве шариков использовали круглые стальные прутья, которые формировали и обрабатывали вручную. Несовершенство такой технологии приводило к деформации подшипников из-за неравномерных нагрузок. Перелом произошел благодаря изобретениям 34-летнего техника Фридриха Фишера, который построил первый подшипниковый велосипед (1853 г.) и изобрел первый полностью автоматизированный фрезерный станок. Он сконструировал машину, которая позволила шлифовать стальные закаленные шарики и придавать им желаемую форму с большой точностью.

Однако шариковые подшипники подходили не для всех инженерных решений. В 1907 году молодой шведский инженер Свен Вингквист создал эскиз первого в мире подшипника качения на роликах, которые выдерживали повышенные нагрузки. Вскоре были разработаны их новые разновидности – игольчатые, а позднее и конические подшипники.

Подшипник в России. В конце XIX века в Москве, на Шаболовке, существовал небольшой механический завод шведского торгового дома «Шварцкопф, Дзирне и Кольпак», располагавшийся в двухэтажном кирпичном здании с деревянными пристройками. Здесь в довольно тяжелых условиях около сотни работников изготавливали мельничные валы, торфяные прессы, подъемное оборудование и др.

Предприятие работало успешно, однако один из совладельцев (Шварцкопф) изъял свою долю капитала и выехал за границу, в результате чего возникла реальная угроза банкротства, и завод перешел под опеку кредиторов. Для спасения предприятия они обратились к известнейшему российскому дизелестроителю и нефтепромышленнику Эмануэлю Людвиговичу Нобелю, отличавшемуся, как известно, весьма высокими административными и финансовыми способностями. В предоставленной ему характеристике предприятия было упоминание о подшипниках скольжения, и Э.Л. Нобель предложил организовать производство более прогрессивных подшипников – качения, для чего связался с представителями фирмы «Свенска Куллагерфабрикен» (СКФ, "Шведские шарикоподшипниковые заводы").

Инициатива Нобеля получила поддержку на высшем государственном уровне, и в 1916 г. было образовано Русское акционерное общество "Шарикоподшипник СКФ" с правлением в Петрограде. Шведская фирма стала одним из акционеров общества и бралась организовать производство российских подшипников качения с проектной мощностью

## Название дисциплины

150 тыс. шт. в год на выкупленном обществом у прежних владельцев механическом заводе на Шаболовке.

В том же году здесь началась сборка шарикоподшипников, однако Первая мировая война внесла в производственные планы свои коррективы, и завод перешел на изготовление в основном чугунных корпусов бомбометов. Что, впрочем, оказалось довольно выгодным делом: субсидии на реализацию военных заказов и прибыли от их выполнения были столь велики, что "Шарикоподшипник СКФ" уже к концу 1916 г. построил новый четырехэтажный корпус с логотипом на торце здания. Но развитие производство шарикоподшипников в новостройке не удалось: война истощила страну, надвигавшаяся разруха проявлялась в сбоях железнодорожных перевозок, нехватке сырья, топлива и рабочих кадров.

В конце 1917 г. завод был национализирован, и в течение ряда лет подшипниками не занимались, а выпускали продукцию для железнодорожников, сельского хозяйства и др. В частности, большой интерес посетителей Всесоюзной сельскохозяйственной выставки в 1923 г. вызвала изготовленная заводскими умельцами экспериментальная ветросиловая станция.

С переходом страны к новой экономической политике предприятие было сдано той же фирме СКФ в концессию с целью создания базы для последующего самостоятельного выпуска подшипников. Производство было вскоре налажено, и уже в 1924 г. завод выпустил 8272 подшипника. В последующий восьмилетний период их годовой выпуск достиг 294,3 тыс. шт. Однако ежегодная потребность страны к началу 1930-х годов составляла ~4,5 млн. подшипников. Для удовлетворения растущих потребностей народного хозяйства в Москве организовали другое, более мощное (24 млн. шт. в год) предприятие – ГПЗ-1, а на базе прекратившей свое существование концессии создали Второй государственный завод «Шарикоподшипник», переименованный вскоре во 2-й государственный завод «Шарикороликоподшипник», а затем в Государственный подшипниковый завод № 2 (ГПЗ-2). Уже в 1932 г. им было выпущено 919 500 подшипников – как за весь восьмилетний период концессии, а в 1933 г. – 1 936 500!

С самого начала особенностью предприятия стала многономенклатурность и ориентация на уникальные подшипники малых серий. К примеру, на подшипниках ГПЗ-2 были смонтированы звезды московского Кремля, поворотная сцена МХАТа, ими комплектовались эскалаторы первой очереди Московского метропо-



литена, первые прокатные станы, буровые установки, а также самолеты, автомобили, тракторы, сельскохозяйственные машины и т. д. Так складывалась отличительная особенность ГПЗ-2 как завода с широкой номенклатурой продукции и большой долей изделий мелкосерийного производства. В то же время завод стал школой подготовки кадров, производственного и технического опыта будущей подшипниковой отрасли в стране. Только для ГПЗ-1 были подготовлены 1245 специалистов, при том что на ГПЗ-2 в 1936 г., например, трудились ~2 тыс. рабочих.

В годы индустриализации завод начал резко наращивать выпуск продукции, доведя его в 1940 г. до 3 млн. 697 тыс. шт. Особую трудовую доблесть и мужество коллектив проявил в тяжелые военные годы, поставляя подшипники на военную технику.

Завод продолжает занимать лидирующее положение в России по объему производства сферических подшипников (48 %), упорных подшипников (42 %), подшипников специального назначения. Марка "ГПЗ-2" широко известна в России и за рубежом. Завод имеет свыше 1000 потребителей и поставщиков.

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЦЕПНЫХ, РЕМЕННЫХ И КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ

Скорее всего, это китайские изобретения. Впервые о цепном подъемнике упоминается в китайских хрониках 1 в. до н.э.

Цепной подъемник первоначально использовался для подъема воды и назывался "ступальным колесом" (тачэ). Такое название происходит от того, что в движение он приводился двумя работниками, которые переступали каждый с педали на педаль. Эти педали укреплялись на оси колеса с зубьями, которое тянуло снизу вверх соединенные цепочкой лотки с водой. Внизу находилось другое колесо с зубьями, установленное таким образом, чтобы угол наклона движущейся цепочки с лотками составлял приблизительно 75 градусов. Обычно высота подъема не превышала 5 м (рис. ПЗ.3.22, ПЗ.3.23).

В средневековом Китае цепные подъемники повсеместно использовались при ирригации, иссушении болот и для подъема питьевой воды. Существовали еще подъемники, позволявшие транспортировать землю и песок, что требовалось при различных строительных работах.

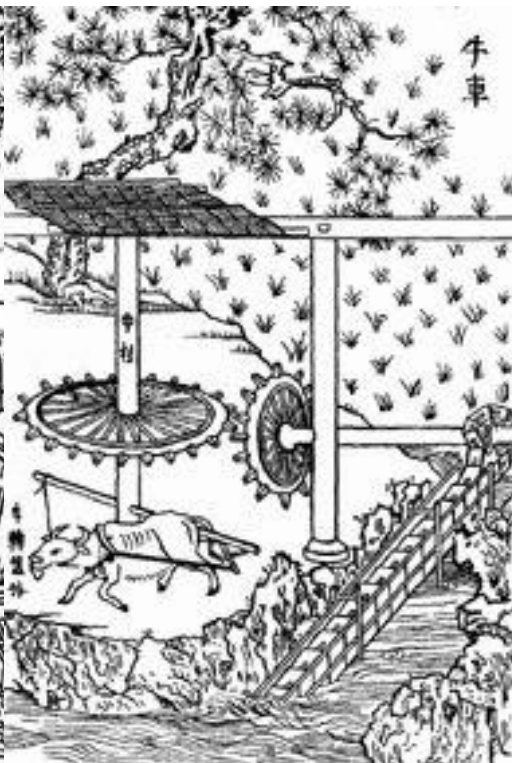
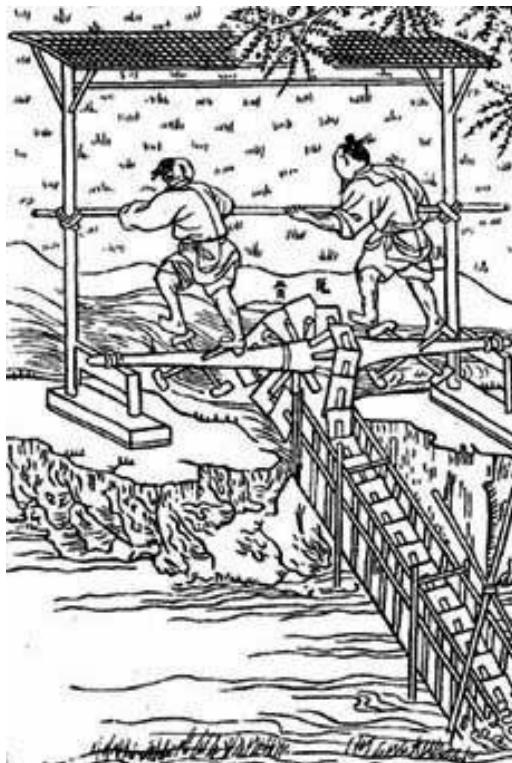


Рис. ПЗ.3.22. Прimitивная ирригационная установка тачэ. Рисунок из книги Ван Чжэна “Нун шу” (“Книга о земледелии”), изданной в 1314 г.

Рис. ПЗ.3.23. Китайская передвижная ирригационная машина нючэ с бычьим приводом. Рисунок из книги Ван Чжэна “Нун шу” (“Книга о земледелии”), изданной в 1314 г.



Рис.ПЗ.3.24. Водоподъемник цепной

При династии Юань водоподъемники уже приводились в действие при помощи силы воды или ветра. Вместо деревянных лотков, соединенных в цепь, которая надевалась на заборное и подающее колеса, часто использовали сосуды, сделанные из толстого бамбука с сохраненной перепонкой. Для мощных водоподъемников использовались заборные и подающее колеса диаметром до 20 м (рис ПЗ.3.24).

Первые европейские цепные подъемники с квадратными поддонами были сделаны в шестнадцатом столетии. В XVII в. в Британском флоте такие подъемники использовались для выкачивания воды из трюмов.

Ременной привод, передающий движение от одного колеса к другому, существовал в Китае уже в 1 в. до н.э. Ременной привод использовался в машинах по разматыванию шелковичных коконов и в шелкопрядильных машинах. Эти машины имели большое колесо и маленький шкив, на которые и одевался приводной ремень. Колеса были как с оправами, образующими паз, так и без них.

Цепная передача для передачи энергии была изобретена в

Китае в период между 976-983 гг. и использовалась в больших механических часах с небесным глобусом. Возможно, изобретение цепной передачи исходит из заимствования принципа, который использовался в цепных подъемниках. Хотя те цепи не передавали движение.



Рис.3.3.25. Самая старая известная иллюстрация замкнутой цепной передачи, изданная Су Суном

Когда в 1088 г. наиболее известный изобретатель Су Сун построил огромную астрономическую часовую башню, он пробовал сначала использовать для передачи энергии вертикальный шпиль. Но такое устройство не работало. Так что ему пришлось применить цепную передачу, которую он назвал "астрономической лестницей". Сохранился рисунок этой цепной передачи в книге "Новый проект астрономических часов". Это самая старая в мире иллюстрация цепного привода (рис. ПЗ.3.25).

Самая ранняя в Европе машина с приводным ремнем датируется 1430 г. Это горизонтальное точило. Ленточные приводные ремни стали использоваться в Европе только в XIX в. в связи с широким распространением паровых машин.

В машине пар приводит в движение поршень, который, через кривошипно-шатунный механизм, раскручивает маховик. Для передачи полученного вращения на расстояния использовались трансмиссионные валы, порой очень длинные. Попросту говоря, – длинные вращающиеся трубы. С функциональной точки зрения эти валы выполняли роль современных кабелей высокого напряжения. А дальше, чтобы "подключить" к валу конечное устройство – мельничный жернов, подъёмник или сверлильный станок, использовали ременную передачу. Ремень был одновременно и проводником энергии, и сцеплением, и выключателем. В цехах стояли порой десятки станков разного типа, и от каждого шла ременная передача на один общий (магистральный) вал. Рабочим приходилось несладко – рядом с ними постоянно вращалось несколько туго натянутых ремней. Защитными кожухами их обычно не закрывали, чтобы проще было "включать и выключать" вращение (рис. ПЗ.3.26).

Это было золотым веком ремня. Потом появился дешёвый электродвигатель, и стало проще оборудовать каждый станок маленьким мотором и протянуть к нему маленький электрический провод. Так от группового привода перешли на индивидуальный, но в ряде машин групповой ременный привод используется, только энергия берётся не из паровой машины, а от мощного электродвигателя.

Ещё одним интересным и широко распространённым устройством является карданный шарнир. Он был назван в честь Джерома Кардана, который в книге "De Subtilitate" (1550) описал данное устройство как приспособление для подвески осветительных ламп. Он не настаивал на том, что это его изобретение. Ранее такие лампы применяли арабы, но, скорее всего, первыми изобрели подвес китайцы (рис. ПЗ.3.27).



Рис.ПЗ.3.26. Вид трансмиссии с общим валом и ременными передачами к отдельным станкам (Венский Технический музей)

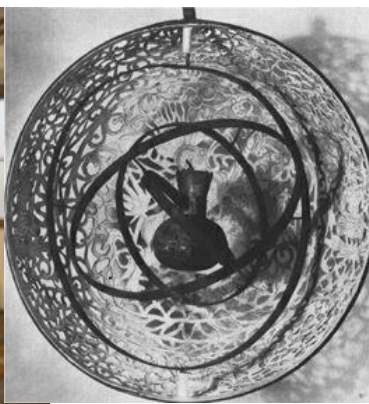


Рис. ПЗ.3.27. Фотография внутреннего устройства медной тибетской лампы-глобуса, в которой лампадка подвешена на четырех отдельных кольцах, позволяющих ей удерживать вертикальное положение



Рис. ПЗ.3.28. Лаковый экран с декоративной инкрустацией, изображающей детей, которые принимают участие в процессе

дракона. Один ребенок держит бумажную шаровую лампу, которая символизирует Луну и внутри которой лампадка удерживается в вертикальном положении за счет карданной подвески, сделанной из колец бамбука

Самое раннее упоминание этого устройства в китайской литературе относится к 140 г. до н.э. Этот подвес мог применяться в масляных лампах, в которых лампадка крепилась на кольцах, скрепленных в двух противоположных точках, что позволяло сохранять ей вертикальное положение (см.рис.ПЗ.3.27).

Известно, что с давних пор в Китае в ежегодных праздничных процессиях в качестве символов Луны использовались бумажные фонари с установленными внутри непроливаемыми светильниками на кардановом подвесе. Их называли "катыющимися лампами", "шарами духов", "серебряными мешками" и т.д. (рис.ПЗ.3.28).

В 692 г. императрице У Хоу была представлена шарообразная нагревательная печь, внутренняя топка которой всегда сохраняла вертикальное положение, и печь не затухала.

Начиная с эпохи Сун с помощью карданного подвеса крепились сидение императора на паланкине, что позволяло сидеть ему вертикально, даже если носильщики его наклоняли. В 18 в. китайские матросы с помощью подобного подвеса крепили компас.

Наибольшее распространение карданый шарнир получил в машинах, где необходимо передавать крутящий момент под углом. Прежде всего это автомобили, тракторы и подобные им машины.

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ РЕЗИНЫ И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

У майя и ацтеков, коренных жителей Америки, была принята религиозная церемония в виде спортивного соревнования. В игре могли принимать участие только представители аристократических семей. Играли двое на двоих. Сама игра напоминала одновременно футбол и баскетбол – игроки не могли касаться тяжелого каучукового мяча руками и ступнями ног, а только бедрами, плечами и ягодицами. Побеждала команда, сумевшая забросить мяч в каменное кольцо, прикрепленное к стене храма. После чего проигравшие торжественно отрезали победителям головы кремневыми ножами и приносили их в жертву богу Кетцалькоатлю. Несмотря на такое странное противоречие, ацтеки в поддавки не играли. Шла суровая рубка, с применением силовых

Название дисциплины

приемов. Доспехи игроков напоминали современные доспехи американских футболистов (рис.ПЗ.3.29–ПЗ.3.31).

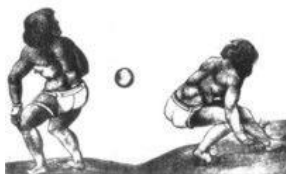


Рис.ПЗ.3.29. Гравюра. Игра майя с каучуковым мячом



Рис. ПЗ.3.30. Эскиз-пировка игроков в ручной мяч

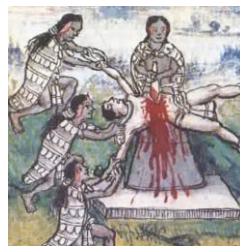


Рис.ПЗ.3.31. Приношение в жертву победителя игры в ручной мяч

Победители плакали от счастья, а побежденные рыдали и рвали на себе волосы от горя, что они лишены высокой чести стать жертвой верховному божеству, и тем самым увеличить урожай маиса на полях, тучность стад голых мясных собачек и плодovitость ацтекских женщин. Из голов победителей строили пирамиды (которые обкладывали камнем) в столице Теночтитлане. Пирамиды достигали тридцати метров в высоту – высоты священного дерева гевея, дававшей божественный сок для производства мячей (рис.ПЗ.3.32). Черепа самых выдающихся форвардов инкрустировались бирюзой, в глазницы им вставляли ониксы, затем они навечно помещались в залы спортивной славы местных храмов.





Рис. ПЗ.3.32. Пирамида в честь победителей в ручной мяч в столице Майя в г. Теночтитлане

Судьба побежденных была печальна. Добрые ацтеки за глаза смеялись над ними, но вслух выражали свои соболезнования. Чтобы подсластить горечь поражения, проигравшим выделялось по 52 корзины плодов какао, по полусотне рабынь и по неделе для сбора налогов в казну империи. Один игрок, получивший среди индейцев прозвище Моктесумы-неудачника за череду непрерывных поражений на протяжении двадцати сезонов подряд, в конце концов собрал под своим началом всю империю. Впрочем, испанские конкистадоры, пораженные столь неспортивным поведением Моктесумы, в 1520 году казнили его, индейский футбол запретили, а мячи конфисковали и увезли в Испанию. Там эта игра, правда, без летальных последствий, стала популярной под именем «пелота», от которой и произошел современный футбол.

Суровыми были нравы в мире спортивного бизнеса

древних ацтеков. Мгновенна, но ослепительно прекрасна была карьера игроков. И только пирамиды из черепов в древнем Теночтитлане, туристическом центре Мехико, напоминают нынешнему поколению латиноамериканских футболистов о славе их предков...

Однако «слезы дерева» использовались не только для производства спортивного инвентаря. Однажды португальский король Жоао II получил из своих южноамериканских владений плащ, пропитанный соком гевеи. Два часа подданные, не жалея сил, поливали водой своего короля, закутанного в чудо- плащ. Король остался сухим. Португалия стала первой страной в Европе, наладившей выпуск непромокаемых тканей. Правда, латекс, которым была пропитана ткань, плавился на солнце, но это можно было списать на издержки средневекового производства. Впоследствии способ пропитки ткани был усовершенствован шотландским химиком Чарльзом Макинтошем, предложившим пропитку из смеси латекса с бензином. Плащи того времени назывались «макинтошами» (рис.П3.3.33).

Новый этап в освоении каучука человечеством наступил в 1826 году, когда англичанин Т. Хэнкок открыл процесс пластикации каучука, который используется во всех современных способах его переработки. Его пластикатор состоял из шипованного ротора, вращающегося в шипованном полом цилиндре; это устройство имело ручной привод. Стало возможным превращать каучук в мягкую, пластичную массу, легко смешивающуюся с различными порошковыми ингредиентами.



Рис.ПЗ.3.33. Реклама непромокаемых плащей, производимых фирмой «Макинтош»



Рис. ПЗ.3.34. Ч. Гудьир – изобретатель способа вулканизации каучука

И, наконец, в 1838 году Чарльз Нельсон Гудьир открыл способ вулканизации каучука, смешав его с серой. Резина и изделия из нее стали одной из составляющих частей технической революции, которую переживало человечество в XIX веке (рис.ПЗ.3.34). Спрос на каучук стремительно рос. Бразилия под страхом смертной казни запретила вывоз семян гевеи из страны. Наступил «резиновый бум».

Это была золотая пора для бразильских плантаторов. Манаус, «каучуковая столица» Бразилии, в 1850–1920 годах был самым пышным и богатым городом западного полушария. Если на «каучукового барона» находила блажь послушать французскую оперу, то он не утруждал себя долгим и выматывающим путешествием в Париж. Он поступал гораздо проще – покупал Гран Опера в пол-

ном составе. И не только труппу, но и здание театра. Строительные материалы, дабы не портить общего впечатления от постановок Бизе и Верди в затерянном в амазонских джунглях Манаусе, привозились из Франции. Театр строили лучшие зодчие и каменщики Парижа...

Здание оперы Манауса – лучший памятник той эпохе. Как говорил незабвенный кот Матроскин: «Средства у нас есть, ума у нас маловато». Ума, действительно, оказалось маловато. Не убеждали бразильцы свою монополию на каучук.

Шел 1876 год. Черной тропической ночью, прорубая себе путь сквозь сплетения лиан, чавкая высокими сапогами в вязком мангровом иле, к реке спускался человек с заплечным мешком. В мешке у него было семьдесят тысяч сморщенных серых комочков – семян столь охраняемых «резиновыми баронами» гевеи. Звали этого человека Генри Уикгем. Подкупом, лестью, ложью, а иногда и оружием, подданный Британской империи Уикгем внедрился в близкое окружение бразильского правительства. Выдав себя за безобидного ботаника, изучающего флору дождевого леса Амазонии, он сумел проникнуть на заповедные плантации гевеи и похитить сокровище, превосходящее по стоимости любое состояние, принадлежащее самой богатой семье в мире. Тайком погрузил их на английский корабль и доставил в ботанический сад в Кью. Семена были высеяны, но взошло только четыре процента. Однако буквально через несколько дней сеянцы достигли полуметровой высоты. 1 900 сеянцев были запакованы в 38 ящиков и под присмотром садовника направлены на остров Цейлон, а оттуда разсланы на Яву, в Бирму, Австралию, в Тринидад, где неожиданно для Бразилии появились обширные плантации гевеи.

Неизвестно, поставили ли бюст герою на родине. Но Уикгем того заслуживает. Бразильцы до сих пор произносят его имя сквозь зубы. Ныне Манаус – заштатный городок в отсталой бразильской провинции. Вскоре Ява, Суматра, Борнео – бывшие голландские колонии – тоже покрылись плешинами вырубленных джунглей, на которых тропический бриз нежно колыхал изумрудные саженцы нового для этих мест растения – гевеи. От одного дерева путем подсечки и сбора латекса получали от 3 до 7,5 кг каучука в год. Мировое производство выросло на порядок (рис.ПЗ.3.35, ПЗ.3.36). Не имеющие тропических колоний промышленно развитые страны постепенно становились зависимыми от конкурентов.

Название дисциплины



2

Рис. ПЗ.3.35. Сбор сока гевеи для получения каучука:  
1 – приспособление для сбора; 2 – обвязка для сохранения  
дерева



Рис. ПЗ.3.36. Плантация деревьев гевеи в Африке

Поэтому неудивительно, что поиском замены, получаемой из химического реактора, было занято много светлых голов. В 1906 году совет директоров фирмы «Байер» объявил, что тот, кто до 1 ноября 1909 года «найдет способ изготовления каучука или его полноценного заменителя», получит ни много, ни мало 20 000 марок. При желании этот призыв можно назвать «химической высадкой на луну». 20000 марок были тогда немалой суммой: в 1900 году за 50 марок можно было купить шикарный мужской костюм; рабочие в металлургической промышленности в 1909 году зарабатывали в среднем около 1 300 марок в год. Так что стоило поторопиться.

На фабрике красителей в Эльберфельде 100 лет назад работал Фриц Гофман – в то время ведущий химик отдела фармако-

логии. Сейчас его имя связывают с производством первого синтетического каучука (рис. ПЗ.3.37).



Рис.ПЗ.3.37. Отец синтетического каучука – химик Фриц Гофман

Производство основного элемента резины – изопрена – несмотря на специальную технологию, разработанную сотрудниками Гофмана, давалось с трудом. Сначала Гофману пришлось смириться с тем, что изопрен не был принят химиками, а для экспериментов пришлось прибегать к химически близкому родственнику этой субстанции – так называемую метилизопрену, который в то время был более доступным. И успешно. Патент № 250 690 на первый синтетический каучук в мире был выдан 12 сентября 1909 года.

Следует однако отметить что небольшое количество метилкаучука, полученное Гофманом, отличалось высокой себестоимостью и низким качеством.

В 1910-х годах многие ученые-химики начали интенсивную работу по синтезу каучука. Именно к этому периоду относятся первые труды С.В. Лебедева, И.Л. Кондакова, И.И. Остромысленского. Первая мировая война прервала эти работы. В 1920, пытаясь получить новый антифриз из этиленхлорида и полисульфи-



Рис. ПЗ.3.38. Русский ученый  
С.В. Лебедев, создатель искусственного бутадиенового каучука (25.VII 1874 – 2.V 1934)

натрия, Дж.Патрик вместо этого открыл новое каучукоподобное вещество, названное им тиokolом. В 1931 году компания «Дюпон» начала производство хлоропренового каучука «Неопрен». Советское правительство тоже принимало меры для обеспечения сырьевой независимости и обороноспособности страны. В апреле 1926 года Совет народного хозяйства объявил международный конкурс на лучший способ получения синтетического каучука. С.В. Лебедев победил в этом конкурсе и возглавил работу по практическому внедрению технологической схемы производства бутадиенового каучука (рис. ПЗ.3.38).

Интересно, что когда великий американец Томас Альва Эдисон узнал об успехах России в области каучука, он на весь мир заявил, что эти сообщения ложны, так как он лично занимался получением синтетического каучука и убедился, что это невозможно. Исторически первым синтетическим каучуком, имевшим промышленное значение, был полибутадиеновый (дивиниловый) каучук, производившийся синтезом по методу С.В. Лебедева (анионная полимеризация жидкого бутадиена в присутствии натрия).

С 1932 г. по способу Лебедева в СССР начала создаваться впервые в мире промышленность синтетического каучука. Из кау-



чуков изготавливаются специальные резины огромного разнообразия для целей тепло- звуко- воздухо- гидроизоляции разъёмных элементов зданий, нашедшие применение в санитарной и вентиляционной технике, в гидравлической, пневматической и вакуумной технике.

Каучуки применяют для электроизоляции, производства медицинских приборов и средств контрацепции. В ракетной технике синтетические каучуки используются в качестве полимерной основы при изготовлении твердого ракетного топлива, в котором они играют роль горючего, а в качестве наполнителя используется порошок селитры (калийной или аммиачной) или перхлората аммония, который в топливе играет роль окислителя.

### ИСТОРИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Идея улучшения внешнего вида изделий с помощью нанесения на их поверхность тонкого слоя чужеродного металла не нова: первые золотые и серебряные покрытия были известны еще древним египтянам за 3000 лет до н.э. Наиболее ранним из применявшихся способов облагораживания была облицовка предметов тончайшей золотой фольгой. Позже (III в. до н.э) появилось золочение путем нанесения золотого порошка, смешанного со свинцовой пылью, на поверхность обрабатываемого предмета и последующего прокаливания изделия. Амальгамное золочение и серебрение, или, иначе, золочение и серебрение через огонь, в своей простейшей форме стало известно не позже I в. до н.э. Для покрытия предметов серебром вначале широко применялся способ «накладного» серебрения, бывший непосредственным предшественником метода плавки, который начал употребляться со второй половины XVIII в., главным образом при изготовлении «старых шеффилдских листов».

Старейшими защитными покрытиями являются оловянные. Так, уже римлянам было хорошо известно лужение медных сосудов. Их же считают пионерами в покрытии оловом чугунной кухонной утвари, относя начало его ко времени Плиния Старшего (I в. н.э.). В первые десятилетия XVII в. получило развитие горячее лужение листового железа. По-видимому, одними из первых в этой области были производства, открытые в Саксонии и Богемии, а несколько позже – в Дрездене. Отсюда процесс был перенесен в Англию, где примерно к 1720 г. также был внедрен в производство.

Следует отметить, что способ горячего лужения, применяв-

## Название дисциплины

шийся в XIX в., представляет особый интерес, так как в нем впервые довольно отчетливо просматривается технологическая цепочка нанесения электрохимических покрытий, которая в сильно измененном и усовершенствованном виде сохранилась до настоящего времени.

Еще одним процессом, получившим промышленное использование к моменту возникновения гальванического производства, было горячее цинкование. Первые опыты по покрытию металлов цинком предпринял в 1741 г. Мелуэн во Франции. Так как к этому времени уже существовало производство листового железа, он занялся исследованием процесса горячего цинкования железных листов. Свои результаты Мелуэн представил в докладе Королевской Академии наук в Париже. Вскоре Ж. Б. Кемерлин, используя их на практике, впервые организовал производство оцинкованной железной посуды, которая в период 1740–1770 гг. получила во Франции значительное распространение.

Потребность в защитных металлических покрытиях особенно возросла в конце XVII–XVIII вв. Она была обусловлена, в основном, распространением железных изделий, легко подвергавшихся коррозии. Так, уже в 1725 г. Р.Реомюр писал: «Железо представляет собой самый легко разрушаемый (окислением) металл. Для предохранения железа от ржавчины принято покрывать его разными веществами. Одним из способов защиты железных изделий от коррозии является нанесение на них покрытий из различных металлов при помощи электрохимических технологий. К ним относят гальваностегию и гальванопластику.

Гальваностегия – это электрохимические процессы нанесения покрытий металлами и сплавами, которые применяют для защиты изделий от коррозии, защитно-декоративной отделки, повышения сопротивления механическому износу и поверхностной твердости, сообщения антифрикционных свойств, отражательной способности и других целей; гальванопластика – это изготовление металлических копий, а также другие способы завершения отделки изделий».

Анализ эволюции понятий «гальванотехника» и ее составных частей: гальваностегии и гальванопластики – показывает следующее. Впервые определение гальванопластики было дано Б.С. Якоби, который озаглавил книгу, посвященную своему изобретению, «Гальванопластика, или способ по данным образцам производить медные изделия помощью гальванизма» (рис.ПЗ.3.39).



1



2



3

Рис. ПЗ.3.39. Ученые, основатели электрохимии (гальванических покрытий):

1 – Б.С. Якоби; 2 – А. Вольта; 3 – М. Фарадей

Электрохимические способы покрытия изделий стали возможны только благодаря открытию А.Вольта электрического тока и работам М.Фарадея, сформулировавшего основные электрические законы. Им введены основные понятия и модельные представления, общие для химических и электрических процессов, которые позволяют количественно описывать их. Фарадею принадлежат определения электролита, электрода (анода и катода) и др.

Электрохимическая система состоит из двух электродов, замкнутых в цепь, и находящегося с ними в контакте электролита. В ней могут протекать как минимум одна реакция окисления и одна реакция восстановления вещества. Электроды (обычно металлы) являются проводниками 1-го рода, т.е. обладают электронной проводимостью. Электролиты, или проводники 2-го рода, обладают проводимостью ионной. Электролитами служат расплавы солей, оксидов или гидроксидов, растворы солей, кислот или оснований в полярных растворителях.

Уже около 100 лет гальваническая технология широко применяется в различных областях индустрии, как традиционных, так и новейших: машино- и приборостроении, электронике, космической промышленности. Сфера её использования непрерывно рас-

ширяется. Свыше 80% технологий, позволяющих получать поверхности высокого класса, основаны на «классических» методах гальванотехники. Наиболее перспективной среди них остаётся гальванотехника. Ее преимуществами являются высокое качество покрытий, возможности получения осадков различной структуры и толщины на металлических и неметаллических изделиях, осаждения покрытий с широким диапазоном свойств, возможности получения металлических сплавов различного состава и фазового строения без использования высоких температур, разработки новых видов покрытий и т. д.

### **3.4. Частные технологии эксплуатации и ремонта машин подготовительного отделения**

После уборки урожая зерно обязательно содержит различные посторонние примеси. В нем могут находиться семена сорных трав, соломистые частицы, обмолоченные колосья и даже кусочки земли или же мелкие камешки (галька). При перевозке и различных операциях с зерном в него могут попасть и другие предметы: кусочки проволоки, различные металлические предметы, веревка, стекло и т.п. Все это – нежелательные примеси, их необходимо удалить из зерна до его превращения в муку.

Особый класс составляют вредные примеси – семена некоторых растений, содержащие ядовитые вещества. Это семена куколя, софоры лисохвостой, триходесмы инканум и другие. От них нужно очищать зерно особенно тщательно.

Если растения пшеницы или ржи заражены спорыньей, то ее рожки тоже попадают в массу зерна при обмолоте. Зерно может быть засорено спорами головни. Имеются также и другие грибковые заболевания зерна – фузариозное зерно и т.п.

Таким образом, перед помолом зерно необходимо тщательно очищать от всех этих посторонних включений. Все эти операции производятся в первом отделении мельницы, которое называется подготовительным.

Кроме очистки в этом отделении осуществляется обработка зерна для улучшения его мукомольных свойств – проводят так называемое кондиционирование зерна. В этом процессе зерно увлажняют до определенной влажности и затем выдерживают его в течение нескольких часов в бункерах – отволаживают. В результате воздействия воды на вещества зерна структура эндосперма существенно изменяется: происходит его разрыхление,

## Название дисциплины

поэтому прочность зерна значительно понижается, и в процессе измельчения оно разрушается с меньшей затратой энергии. В то же время прочность оболочек возрастает, и вследствие такого эффекта эндосперм легко отделяется от них в процессе измельчения на вальцовых станках. Оболочки же при этом получают в виде крупных частиц, и поэтому в процессе сортирования продуктов в отсевах частицы эндосперма и частицы оболочек формируют самостоятельные фракции и поступают в различные потоки.

И величина увлажнения, и длительность процесса отволаживания зерна в бункерах, то есть режим гидротермической обработки зерна (кондиционирования), зависят от исходной характеристики помольной партии.

Так как зерно поступает на мельницу из разных регионов с разными характеристиками, а для эффективной работы мельницы зерно должно иметь усредненные показатели, необходима организация (формирование) помольной партии, для чего существуют специальные методики.

Технологический процесс в подготовительном отделении мельницы представляется в виде схемы (рис. 3.4.1) с указанием операции.

Функционирует это отделение следующим образом. Из элеватора зерно попадает в бункеры (силосы).

В связи с тем, что различные партии зерна отличаются друг от друга по технологическим свойствам, их размещают в разных емкостях (на данной схеме их шесть). Партии взвешиваются в потоке и затем при помощи шнековых конвейеров объединяются в один поток и направляются на очистку от ферромагнитной пыли в магнитные сепараторы.

Дальше при помощи пневмотранспорта зерно через шлюзовые затворы 5 сжатым воздухом, создаваемым компрессором 6, направляется вверх и через разгрузители 7 попадает в подогреватели 8. Они работают зимой. Летом зерно поступает сразу на автоматические весы 9 и оттуда на зерноочистительный сепаратор 11, в котором аспирация осуществляется через горизонтальный циклон 10.

После воздушно-решетного сепаратора 11 зерно направляется на камнеотделительные машины 12, где освобождается от камушков, и оттуда идет на триеры-куколеотборники 13 (куколь гораздо меньше зерна) и следом – на триеры овсюгоотборники 14 (овсюг – сорняк-паразит, и его семена гораздо длиннее зерен пшеницы.)

Через магнитные сепараторы зерно поступает на обочные

машины 15, где начинается отделение оболочек от эндосперма.

Далее зерно пневмотранспортом передается на пневмосепараторы 16, в которых отделяются легкие примеси. Затем зерно направляется в машины для мокрого шелушения 17, где проводится окончательное отделение от оболочек и пыли.

Очищенное зерно транспортируется винтовыми конвейерами 18 в увлажнительные машины 20, в которых оно впитывает дополнительную влагу. Намоченное зерно переправляется в бункеры 19, в которых оно находится от 24 до 48 часов (в зависимости от принятой схемы техпроцесса). За это время влага распространяется от поверхности зерна вовнутрь. Эту операцию называют отволаживанием.

После отволаживания винтовыми конвейерами 3 формируется помольная партия, т.е. смешивание зерна различных кондиций для выравнивания характеристик партии по заданному проценту содержания клейковины или белка.

Для снятия остатков оболочек зерно поступает в обоечную машину 21 и из этой машины переправляется в энтолейтор 22 для обеззараживания от яиц вредных насекомых. Далее зерно пневмотранспортом передается в воздушно-решетный сепаратор 23 для окончательной очистки.

Отходы после энтолейтора 22 и сепаратора 23 аспирационной системой удаляются в специальные емкости, где накапливаются и в дальнейшем передаются в комбикормовые цеха. Туда же передаются отходы после мокрого шелушения, которые предварительно подсушиваются в машине 26.

Зерно, поступающее в размольно-сепарирующее отделение, должно иметь влажность оболочек на 0,5-0,7% выше, чем влажность его ядра. При таких условиях его легче измельчать. Поэтому его (зерно) дополнительно увлажняют в машине 27, затем направляют в бункер 28 для дополнительного кратковременного отволаживания 28 (15-30 минут).

Далее после весов и магнитных сепараторов зерно подается на размольные станки.

Рис. 3.4.1

### **3.4.1. Воздушно-решетные сепараторы и пневмосепараторы**

Как видно из технологической схемы, первой машиной на входе является зерноочистительный воздушно-решетный сепаратор.

Название дисциплины

Основным рабочим органом такой машины являются решета. Сепаратор производит очистку зерна по его геометрическим размерам – это ширина, толщина и длина зерна. В данной машине используется толщина или ширина. В зависимости от используемого размера соответственно форма отверстий решета может быть круглой или прямоугольной. В машине также применяется пневмопоток воздуха для выделения легких примесей (рис. 3.4.2).

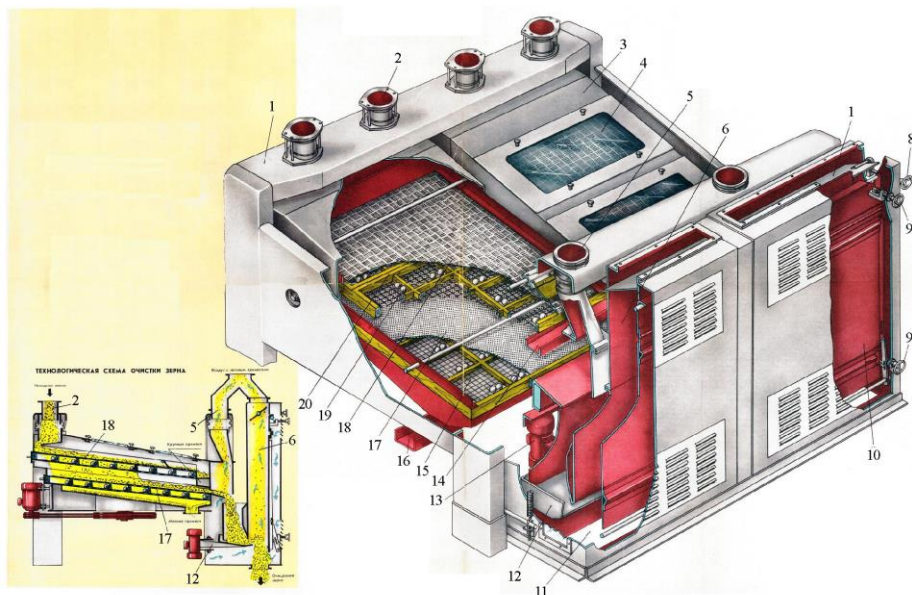


Рис. 3.4.2. Устройство и принцип действия воздушно-решетного сепаратора зерна:

1 – станина; 2 – приемный патрубок; 3 – ситовой кузов; 4 – смотровая крышка; 5 – аспирационный патрубок; 6 – пневмосепарирующий канал; 7 – дроссельный клапан; 8 – штурвал клапана; 9 – штурвал стенки; 10 – регулируемая стенка пневмосепарирующего канала; 11 – выход очищенного зерна; 12 – вибрлотковый питатель; 13 – вибратор; 14 – лоток для крупных примесей; 15 – поддон; 16 – лоток для мелких примесей; 17 – подсеивное решето; 18 – сортировочное решето; 19 – шариковый очиститель; 20 – перегородки; 21 – ведомый шкив с дебалансами; 22 – ведущий шкив

Схема работы сепаратора несложная. Зерно через приемный патрубок 2 попадает на сортировочное решето 18. Крупные примеси сходом выводятся из машины, а зерно проходит через решето 18 поступает на подсеивное решето 17.

Решетам придают колебания в вертикальной плоскости. Частоту и амплитуду колебаний можно регулировать.

Мелкие примеси проходят через решето и идут в поддон и выводятся из машины. Основное зерно сходом с решета 17 идет в пневмоканал 5, где выводятся легкие примеси, и очищенное зерно выводится вниз.

В процессе эксплуатации сепаратора могут быть некоторые неисправности, которые будут отрицательно сказываться на нормальной работе машины. В табл. 3.4.1 приведены наиболее характерные виды неисправностей и даны рекомендации по их устранению.

#### Таблица 3.4.1

Характерные неисправности сепараторов и способы их устранения



Название дисциплины

Неисправность	Причина	Способ устранения
Тяжелый ход колебателя	Перекося в кронштейнах, отсутствие смазки, неправильное положение обоймы по отношению к эксцентриковому валу и оси	Проверить правильность крепления кронштейнов по шаблону и тщательно прикрепить их к кузовам, смазать подшипники, проверить положение обоймы. При выходе колебателя из строя его заменяют запасным, а неисправный ремонтируют в мастерской
Перегреваются подшипники эксцентрикового колебателя	Отсутствие смазки или ее загрязнение	Смазать подшипники, заменить сальники, при необходимости заменить подшипники
Чрезмерное поступление зерна на решета	Бункерная задвижка приемной камеры полностью открыта, не отрегулирован груз на клапане приемной камеры	Задвижку бункера прикрыть, отрегулировать грузами клапан так, чтобы зерно проходило через сортировочное сито до половины, но не более 2/3 его длины
Зерно идет сходом с приемного сита	Сито забилося крупным сором	Очистить сито
Зерно с подсева сита попадает в подсев	Повреждено сито или забито крупным сором	Заменить новым или очистить
Плохая работа аспирации	Неправильная регулировка скорости воздуха, подсос в щелях	Отрегулировать скорость воздуха в каналах. Ликвидировать подсосы
	Чрезмерное поступление зерна на приемное сито	Уменьшить поступление зерна на приемное сито
	Неправильно подобраны вентилятор, циклоны, малы диаметры воздухопроводов	Проверить соответствие вентилятора, циклонов и воздухопроводов. При необходимости заменить ремни приводов
Зерно идет по одной стороне сита	Неправильная установка сепаратора при монтаже	Проверить по уровню положение станины и ситовых кузовов
Сепаратор вибрирует в вертикальной плоскости	Недостаточно жесткий фундамент (пол)	Укрепить фундамент (пол)
	Недостаточно натянуты болтовые соединения колебателя	Затянуть болтовые соединения

Название дисциплины

Остановился инерционный очистительный механизм	Лопнула витая пружина, заклинило ось переключателя колодки, лопнула ось колодки, перекос несущих конструкций, нарушено крепление цилиндрической пружины, прогиб направляющего уголка	Заменить пружину, ослабить контргайку, отрегулировать осевой зазор оси переключателя колодки, заменить ось колодки
Инерционно-очистительные механизмы передвигаются, но не чистят сита	Сработался резиновый очиститель	Поставить новые резиновые очистители. Плотность прилегания резиновой пластины к сити регулируют винтами с гайками
	Ослабла плоская пружина	Приподнять болтами плоскую пружину

В обрабатываемом зерне очень много легких примесей. Для очистки от них используют пневмосепараторы.

Принцип действия пневмосепаратора показан на его технологической схеме (рис. 3.4.3).

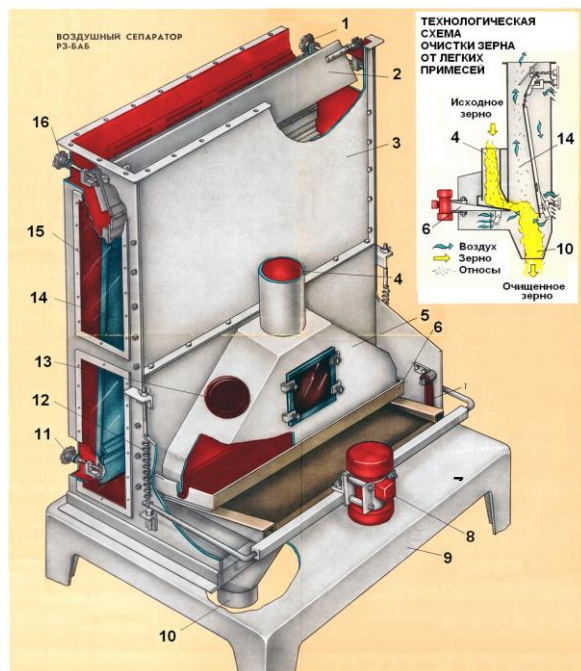


Рис. 3.4.3. Устройство и принцип действия воздушного сепаратора:

- 1 – штурвал дроссельной заслонки;
- 2 – дроссельная заслонка;
- 3 – корпус;
- 4 – приемный патрубок;
- 5 – приемная коробка;
- 6 – вибророток;
- 7 – подвеска;
- 8 – вибратор;
- 9 – станина;
- 10 – выпускной патрубок;
- 11, 16 – штурвалы подвижной стенки;
- 12 – пружина виброротка;
- 13 – крышка отверстия для аспирационного патрубка;
- 14 – пневмосепарирующий канал;
- 15 – подвижная стенка

## Название дисциплины

Для обеспечения необходимой технологической эффективности очистки в аспирационных колонках и аспираторах с замкнутым циклом воздуха рекомендуется применять нагрузки, приведенные в табл. 3.4.2.

Таблица 3.4.2

Нагрузки на 1 см длины приемной линии аспирирующих машин, кг/сутки

Технологическая операция	Аспирационная колонка	Аспиратор с замкнутым циклом воздуха
Очистка зерна	400-500	800-1000
Отделение оболочек от продуктов шелушения	200-400	350-500
Контроль качества зерна и отходов	250-650	350-720

Технологическая эффективность работы пневмосепарирующих машин характеризуется количеством выделенных легких примесей (пыль, сорная примесь, сечка, отруби, мучка, изъеденные и щуплые зерна и т. п.). Общее количество выделенных легких примесей должно быть не менее 60–70%, в том числе сорных семян 20–30%, битых зерен 20–30%, щуплых зерен 20–30% по отношению к содержанию их в зерновой массе.

После пропуска зерна через пневмосепаратор в результате уменьшения запыленности зольность зерна снижается на 0,01–0,02%.

Технологическая эффективность работы пневмосепаратора составляет: при наличии в отрубях до 2% доброкачественного зерна – 86%, до 10% – 88%.

Следует отметить, что при наличии в отрубях доброкачественного зерна в пределах 10% переполняется осадочная камера сепаратора из-за недостаточной производительности шнека. Поэтому нормальная эксплуатация сепаратора возможна только после устранения этого недостатка.

Для нормальной и эффективной работы пневмосепараторов, аспирационных колонок и аспираторов с замкнутым циклом воздуха необходимо обеспечить:

- равномерное поступление зерна по всей длине питающего валика (или клапана) машины, что требует постоянного надзора за исправностью и нормальной работой питающего устройства;

- постоянный воздушный режим в зависимости от назначения машины в технологическом процессе и качества ее работы. Работу воздушного потока контролируют как наличием относков в

## Название дисциплины

основном продукте, так и наличием продукта в отнoсах. Скорoсть движения воздушного потока в пневмосепарирующих каналах регулируют при помощи подвижной стенки и клапана сброса избыточного воздуха. В аспирационных колонках и аспираторах с замкнутым циклом воздуха для этого служат специальные регулировочные клапаны с рукоятками;

- тщательную герметизацию машины во избежание подсосов воздуха через неплотности соединений; воздух должен поступать в машину только через специально предусмотренные для этой цели места; подсосы воздуха надо немедленно устранять;

- проверку действия выпускных клапанов несколько раз в течение смены;

- установку отражательного щитка аспиратора с замкнутым циклом воздуха в таком положении по отношению к питающему грузовому клапану, чтобы была двойная продувка потока зерна;

- некоторое количество зерна над питающим клапаном и под выпускным патрубком;

- плотное прилегание всех дверок и смотровых люков к корпусу машины; во время работы их следует всегда держать закрытыми.

Если несколько пневмосепараторов присоединены к одной аспирационной сети, необходимо учитывать, что регулирование воздушного потока на одной из них сказывается на работе других. Поэтому при изменении режима на одной машине надо одновременно проверить и отрегулировать воздушные потоки на других. Необходимо тщательно следить за нормальной работой шлюзовых затворов и редукторов, установленных на пневмосепараторах. В табл. 3.4.3 приведены основные неисправности, встречающиеся при работе пневмосепараторов.

Таблица 3.4.3

Характерные неисправности пневмосепараторов и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Зерно поступает в пневмосепарирующий канал не по всей его длине	Кромка клапана непараллельна питающему валику	Установить питающий клапан параллельно валику
	Посторонний предмет в разгрузочной камере	Удалить посторонний предмет через люк и питающий клапан
В отнoсах выше нормы полноценного зерна	Завышена скорость воздуха в пневмосепарирующем канале	Увеличить сечение канала на входе и выходе при помощи подвижной стенки

## Название дисциплины

	Избыточное количество воздуха	Сбросить через клапан избыточное количество воздуха
Неудовлетворительная эффективность очистки зерна от примесей	Недостаточная скорость воздуха в пневмосепарирующем канале	Устранить подсосы воздуха и определить оптимальное положение подвижной стенки
	Недостаточное количество воздуха	Увеличить расход воздуха
Заедает шлюзовой затвор	В зазор между ротором и корпусом попала минеральная пыль. Большой люфт в подшипниках ротора	Разобрать и очистить от пыли шлюзовой затвор и собрать его. Заменить подшипники или крышки затвора
	Нарушение центровки шлюзового затвора. Нарушена плотность прилегания ребер к внутренней поверхности корпуса затвора	Проверить центровку и устранить ее. Проверить равномерность прилегания ребер к поверхности корпуса
Большой подсос воздуха через шлюзовой затвор	Износились уплотнители	Заменить уплотнители
	Большой зазор между ротором и корпусом	Заменить шлюзовой затвор
Вибрация шлюзового затвора	Нарушение центровки. Выход из строя подшипников	Отрегулировать центровку. Заменить изношенные подшипники

В процессе работы отдельные узлы пневмоасpirаторов подвергаются износу и требуют ремонта или замены. В пневмосепарирующей камере наибольшему износу подвергаются крышка, питающий клапан, стенки каналов, т.е. части, которые воспринимают давление и трение зерна.

При ремонте крышек и клапанов в местах износа приваривают электросваркой заплаты, а на внутренней части крышки заменяют резиновые прокладки.

Изношенный питающий клапан, как правило, заменяют новым, изготовленным в мастерской предприятия. При установке нового клапана надо проверить легкость перемещения груза, установленного на его оси.

При ремонте следует проверить состояние рукояток подвижных клапанов, регулирующих движение воздушного потока. Рукоятки должны свободно поворачивать клапан и надежно закрепляться на фиксирующей дуге.

Для ремонта и проверки центровки шлюзового затвора его разбирают в следующем порядке: отсоединяют привод, снимают боковые крышки с подшипниками и вынимают барабан. Барабан

проверяют и при необходимости обтачивают на токарном станке до получения требуемых размеров.

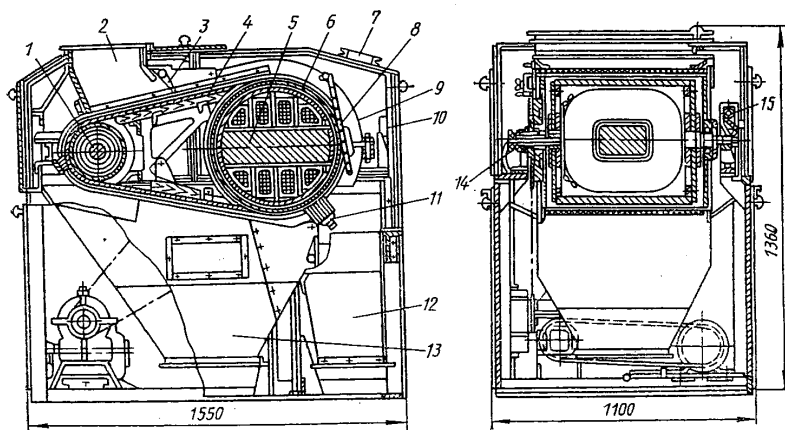
После установки барабана в корпус проводят его центровку так, чтобы зазор между ребрами барабана и внутренней стенкой корпуса был одинаков по всей окружности (0,1–0,2 мм).

Во избежание подсоса воздуха через боковые крышки затвора следует установить резиновые прокладки между корпусом и крышками. Необходимо помнить, что при большом подсосе воздуха в шлюзовом затворе может произойти завал продукта в системе.

### 3.4.2. Машины для выделения из зерна неорганических включений и вредных примесей

Все машины и аппараты пищевых производств изготавливаются из железа и его сплавов. При движении потоков зерна происходит истирание железной поверхности, и металлические опилки попадают в зерно, а затем могут попасть и в муку. Поэтому в технологической схеме практически перед каждой машиной стоят электромагнитные сепараторы.

Наиболее распространены ленточные сепараторы, поскольку они имеют довольно высокую производительность (рис. 3.4.4).



## Название дисциплины

Рис. 3.4.4. Электромагнитный ленточный сепаратор:

1 – натяжной валик; 2 – приемный бункер; 3 – клапан; 4 – лента; 5 – электромагнитный барабан; 6 – немагнитная обечайка; 7 – аспирационное отверстие; 8 – фартук; 9 – борт; 10 – кнопка управления; 11 – щетка; 12 – выводной патрубок; 13 – самотек отвода примесей; 14 – опорные цапфы; 15 – червячная передача

Работает машина так. При движении ленты в зоне действия электромагнитного поля из продукта извлекаются металломагнитные примеси, которые притягиваются к ленте. Примеси удерживаются на ленте до выхода ее из зоны действия магнитного поля, после чего падают в выдвижной ящик, из которого их периодически удаляют в отводящий самотек 13. Очищенный продукт непрерывно выводится из сепаратора через отверстие 12.

Электромагнитный барабан 5 состоит из электромагнита, вокруг которого вращается немагнитная обечайка 6. Барабан приводит в движение ленту 4 для перемещения продукта от приемного бункера 2 к электромагниту. Полярность электромагнита чередуется по ходу продукта (три полюса). Через отверстия опорных цапф 14 в торцы электромагнита вводят кабель катушек намагничивания.

Катушки электромагнита питаются постоянным током от выпрямителя, включенного в сеть переменного тока. Для установки электромагнита в определенное положение предусмотрена червячная передача 15.

Барабан приводится в движение от электродвигателя. В верхней части установлен клапан 3 для равномерного распределения продукта по всей ширине ленты. Специальный фартук из прорезиненной ленты предотвращает разброс продукта при движении по барабану.

Над отверстием для выпуска примесей установлена щетка 11, очищающая транспортерную ленту от приставших мелких частиц. Чтобы зерно не рассыпалось, вдоль ленты, предусмотрены борта 9. Ленту натягивают двумя винтами через натяжной валик.

Выпрямитель и другая электроаппаратура расположены в специальном помещении. На сепараторе смонтированы лишь две кнопки 10 для выключения электромагнита и электродвигателя, а также две сигнальные лампы. Аспирируют сепаратор через отверстие 7.

На мельницах также применяют магнитные сепараторы с постоянными магнитами.

На рис. 3.4.5 показаны устройства магнитной колонки с

Название дисциплины

движением зерна по наклонной плоскости. Колонка состоит из деревянного корпуса, в котором в три ряда установлены магнитные подковы 4. У колонок с вертикальным движением зерна магниты установлены в четыре ряда.

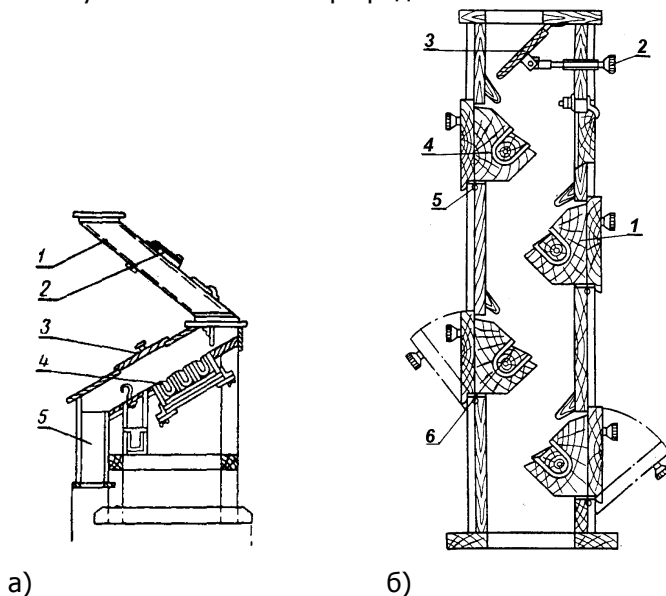


Рис. 3.4.5. Магнитные колонки:

а – магнитная колонка в наклонном движении зерна: 1 – распределительное устройство; 2, 3 – смотровые люки; 4 – магнитные подковы; 5 – выходной канал; б – магнитная колонка с вертикальным движением зерна: 1, 4 – магнитные блоки; 2 – винт-регулятор; 3 – наклонная плоскость; 5 – ось поворота блоков; 6 – ступенька

Техническое обслуживание электромагнитных сепараторов регламентируется нормами и правилами ведения технологического процесса и правилами технической эксплуатации. Рассмотрим их.

Обязательные точки установки магнитных заграждений и нормы длины фронта магнитного поля должны соответствовать данным, приведенным в табл. 3.4.4.

Таблица 3.4.4

Техническая характеристика магнитных колонок

Показатели эффективности	Марка и производительность колонок (т/ч) с движением зерна	
	по наклонной плоскости	вертикально



## Название дисциплины

Марка	БКМ-2-1,5	БКМ-2-2	БКМ-2-3	БКМ-2-5	БКМ-2-7,5	БКМ-4-5	БКМ-3-7
Количество магнитных подков, шт.	12	16	24	40	60	80	84
Длина одной магнитной линии, мм	150	200	300	500	750	500	700
Количество магнитных линий, шт.	2	2	2	2	2	4	3

Не рекомендуется применять магнитные заграждения в виде отдельных подков. Гораздо эффективнее использовать магнитные подковы, собранные боковыми поверхностями в блоки. Это обуславливает значительное увеличение электромагнитной силы единичного магнита. Устанавливать магнитные блоки в аппаратах или колонках следует в 2–3 последовательных ряда с общей шириной фронта магнитного поля согласно нормам, приведенным в табл. 3.4.4.

При сборке в блоки подковы должны быть обращены друг к другу одноименными полюсами. Торцы крайних подков необходимо тщательно изолировать.

Для предотвращения срыва с магнитных полюсов уловленной ими металлической примеси и уноса ее движущимся продуктом со стороны схода с каждого полюса (по всей длине блока) делается ступенька, под которую будут смещаться частицы примеси и удерживаться до момента очистки полюсов.

Конструкция магнитных аппаратов и колонок должна исключать возможность прорыва сора и пыли в рабочее помещение как во время работы, так и при очистке магнитных подков.

При размещении магнитных сепараторов должен быть обеспечен удобный и безопасный подход к ним.

Для нормальной работы магнитных сепараторов необходимо равномерное поступление продукта по всему магнитному полю, что достигается при помощи приемно-распределительных устройств или регулировочных заслонок. Для равномерного распределения продукта необходима также минимальная скорость его движения по магнитам, что обеспечивается установкой подводящих самотечных труб с минимальным углом наклона.

Толщина слоя продукта, перемещаемого по магнитам, должна быть не более 5–7 мм для мягких мучнистых продуктов и 10–12 мм – для зерна и крупы.

## Название дисциплины

При ручной очистке полюсов магнитов надо следить за тем, чтобы металлические частицы не попали в поток продукта. Очищать полюса следует не менее четырех раз в течение смены жесткими (лучше из натурального волоса) щетками. Для сбора примесей используют специальные ящики. Все отобранные в течение смены примеси передаются в лабораторию предприятия для учета.

Эффективность работы магнитного заграждения определяют проверкой содержания металлических примесей в продукте до и после магнитов.

На время длительной остановки предприятия рекомендуется замыкать полюса магнитов металлической пластинкой. Ни в коем случае нельзя допускать ударов и резких сотрясений магнитов, так как от этого снижается их сила притяжения.

Перед пуском предприятия после его длительной остановки необходимо проверить грузоподъемность подков, установленных в магнитных заграждениях; нормальная грузоподъемность одной подковы 12 кг, а из сплава Магнико – 20 кг.

Грузоподъемную силу магнитных подков измеряют при помощи специального прибора – магнитомера М-3, положение стрелки которого показывает притягивающую силу проверяемой подковы.

При отсутствии магнитомера М-3 можно использовать пружинные весы. Для этого полюса магнитной подковы замыкают металлической пластиной с кольцом. Затем ее надевают на крюк пружинных весов и начинают растягивать до тех пор, пока пластина не оторвется от подковы. Показания стрелки на циферблате весов в момент отрыва показывают величину электромагнитной силы подковы. Если эта величина будет значительно (на 40–50%) ниже указанной нормы, то такую подкову следует заменить, а ее направить на перемагничивание.

Для намагничивания подков переменным током напряжением 220 В применяют аппарат АНД-1. На полюса магнитной подковы, подлежащей намагничиванию, надевают катушки из изолированного медного провода 0,7 мм. Провод навивают в количестве 100 витков на каркас из немагнитного материала (латунь, прессшпан и др.). Затем полюса замыкают пластинкой-якорем шириной, равной ширине подковы.

В цепь намагничивания вставляют тонкую медную проволоку диаметром 0,15–0,2 мм. Когда все будет подготовлено, в сеть включают напряжение, действие которого будет кратковременным, так как медная вставка моментально перегорит и разорвет

цепь.

После пропуска тока подкова должна быть проверена на грузоподъемность. Если она не достигает минимальной нормы, ее следует намагнитить еще раз. Если и при повторном намагничивании требуемые результаты не будут достигнуты, подкову выбраковывают.

Намагничивание подков, как правило, проводит электрик. Эту работу следует проводить в отгороженном помещении при строгом соблюдении правил техники безопасности. В помещении должны быть сухие деревянные полы или резиновые коврики.

В машинах с электромагнитами наибольшему износу в узле очистки подвергается войлочный скребок. Для его замены надо снять ползун, предварительно отсоединив его от муфты, вынуть изношенный скребок и заменить его новым. Для охлаждения магнитов служит установленный в сепараторе вентилятор.

В процессе эксплуатации необходимо систематически проверять степень и равномерность загрузки электросепаратора продуктом, эффективность его работы, качество очистки магнитного экрана от задержанных примесей, следить за нагревом электромагнитов и не допускать их значительного перегрева, регулировать положение очистительного скребка.

Перед загрузкой сепаратора проверяют положение перекидного клапана, а также наличие магнитного поля по сигнальной лампочке или прикладывая к экрану стальную полоску.

### **3.4.3. Машины для выделения минеральных примесей**

Как было сказано ранее, в зерне, поступающем с поля, бывает довольно много минеральных примесей. Главным образом частиц почвы и песка. Поэтому вывоз минеральных включений очень важен. Хлебные изделия из муки с минеральными примесями имеют неприятный хруст. Такая мука вредна для здоровья. Учеными также доказано, что в предыдущие века от жерновов в муку попадала минеральная пыль, которая помимо хруста приводила к быстрому изнашиванию зубов. Основной машиной для очистки зерна от минеральных примесей является камнеотделитель. Его устройство и принцип действия показан на рис. 3.4.6, характерные неисправности перечислены в табл. 3.4.5.

Таблица 3.4.5

Характерные неисправности камнеотделительных машин и способы их устранения

## Название дисциплины

Причина	Неисправность	Способ устранения
Биение веретена и неспокойная работа машины	Плохая балансировка	Отбалансировать машину путем добавления или снятия грузов до полного устранения биения
	Погнут вал вибратора	Снять веретено и проверить в центрах на биение
Машина не балансируется	Оси симметрии балансира смещены относительно друг друга	Снять верхний или нижний балансир, проверить расположение шпоночных пазов балансира и валика. В случае необходимости заменить шпонку, поставить ее на валик и выверить расположение (смещение оси симметрии одного балансира относительно другого не должно превышать 7 мм по их наружной дуге)
	Допущены отступления от правил монтажа, т. е. центр втулки верхней подвески не совпадает с центром втулки нижнего подшипника	Проверить отвесом и добиться совмещения центра втулки верхней подвески с центром втулки нижнего подшипника
Сильно перегревается подшипник балансира механизма	Главная рама с траверсой подвешена не горизонтально. Нижний сальник пропускает разогретую смазку или ее нет	Выверить подвеску главной рамы по уровню и устранить перекося. Проверить наличие смазки и состояние нижнего сальника
	Износ подшипников сепаратора и их заклинивание	В случае необходимости заменить подшипники и сальники
Срезаются болты крепления траверсы с главной рамой	Несоосны отверстия в угольниках траверсы и швеллерах главной рамы	Обработать отверстия разверткой в сборе траверсы и рамы. Поставить новые болты
	Неодинаковая и чрезмерная затяжка установочных винтов, фиксирующих положение кузовов в раме	Выверить положение кузовов в раме и зафиксировать равномерной затяжкой винтов
	Различная затяжка болтов	Затянуть болты предельным ключом

## Название дисциплины

Ломается откидной угольник	Ось отверстий в швеллере не параллельна опорным плоскостям откидного угольника	Проверить высоту опорных плоскостей откидного угольника и добиться полного прилегания их к угольникам угловых стяжек кузовов
	Чрезмерная и неодинаковая затяжка крайних стяжек	Натянуть стяжки предельным ключом
Появление трещин и выход траверсы из строя раньше гарантийного срока	Работа на нагрузках, превышающих паспортные и со скоростью вращения веретена свыше 210 об/мин	Выдерживать нагрузку, указанную в паспорте, скорость вращения веретена не должна превышать 210 об/мин
	Чрезмерная и неодинаковая затяжка крайних стяжек и установочных винтов	Затянуть винты предельными ключами с последующей выверкой положения кузовов
Наличие большого количества годного зерна в минеральной примеси	Работа на нагрузках, превышающих паспортные данные	Отрегулировать поступление продукта задвижками в самотечных трубах
Плохой отбор минеральной примеси	Неравномерная загрузка рабочих рам	Проверить питающие коробки кузовов и очистить ловушечное сито
	Большой износ гофр дисков рабочих и контрольных рам	Заменить изношенные диски
	Велики обороты приводного механизма	Проверить обороты шкива электродвигателя тахометром и при необходимости проточить шкив
	Частое открывание задвижек для выпуска минеральной примеси	Сократить продолжительность и количество открываний задвижек
Плохое открывание и закрывание заслонок для выпуска минеральной примеси	В зазор между заслонкой и патрубком попадают мелкие камни и зерно	Отрегулировать зазор путем поджатия направляющей так, чтобы исключить возможность попадания в зазор мелких камней и зерна и обеспечить свободное движение заслонки
Пыление машины	Плохая работа аспирации	Отрегулировать скорости движения потока воздуха

Основной рабочий орган машины – вибростол. Он состоит из несущей рамы, в которой смонтирована дека, закрытая сверху корпусом. Основная часть деки – воздухопроницаемая сортирующая поверхность, выполненная из металлочанной сетки с отверстиями 1,5x1,5 мм.

Зерно из приемного патрубка попадает на сетчатую по-

## Название дисциплины

верхность распределителя, продуваемую воздухом, и двумя потоками поступает на деку. Здесь происходит разделение зерна и минеральных примесей по принципу стратификации, т.е. разного удельного веса. Минеральные примеси, как более тяжелые, опускаются. Очищенное зерно выводится через патрубки в нижней части вибростола. Минеральные примеси под действием вибрации двигаются к верхней части вибростола, где выводятся через патрубки. Легкие примеси уносятся воздухом через вытяжное устройство в аспирационную сеть.

Для нормальной работы камнеотделительной машины необходимо обеспечить равномерную и непрерывную подачу на нее зерна. Не реже одного раза в смену минеральную примесь необходимо выпускать из машины, в том случае, если ее выводят из машины вручную. Нельзя допускать засорения грубыми примесями вертикальных каналов.

Название дисциплины

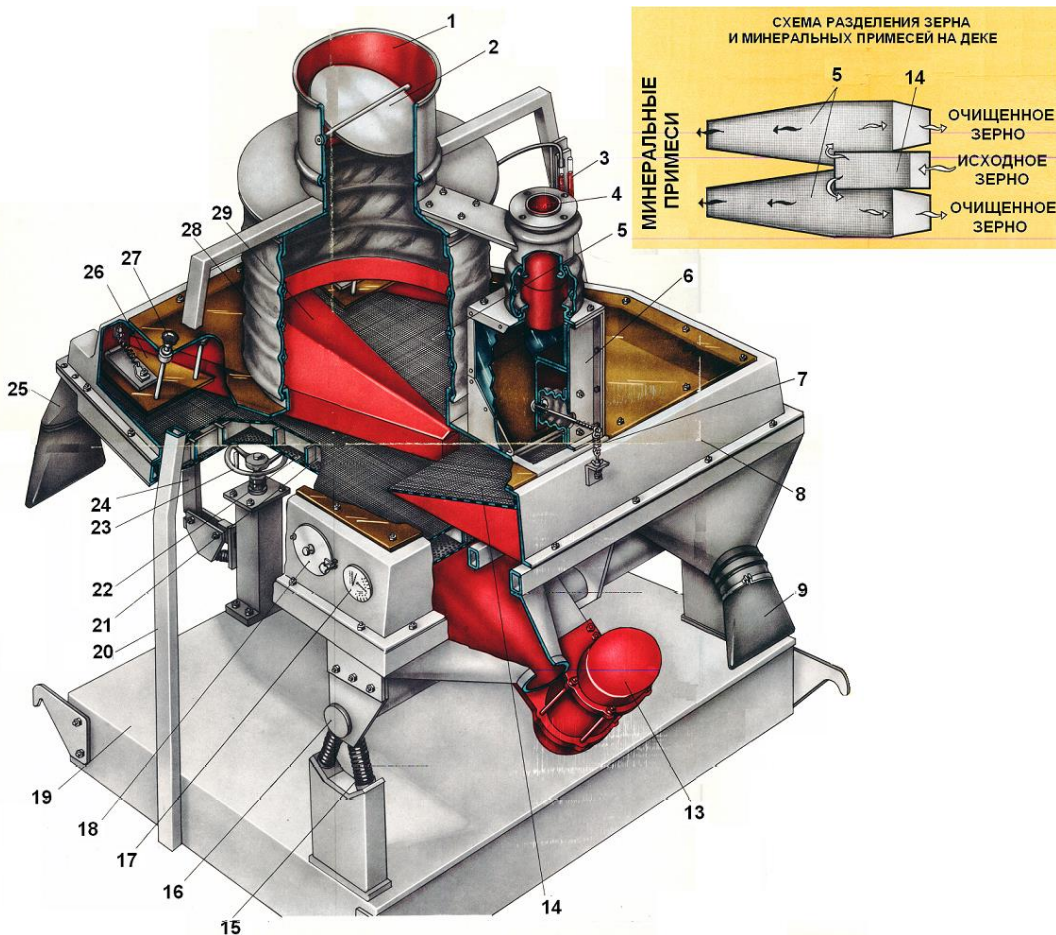


Рис. 3.4.6. Устройство и принцип камнеотделительной машины:

1 – вытяжной патрубок; 2 – дроссельная колонка; 3 – манометр; 4 – приемный патрубок; 5 – сортирующая поверхность; 6 – приемное устройство; 7 – пружина питающего клапана; 8 – вибростол; 9 – патрубок для выпуска зерна; 10 – вал вибратора; 11, 12 – дебаланс; 13 – вибратор; 14 – распределитель; 15 – пружина-амортизатор; 16 – виброрегулятор; 17 – регулировочный диск; 18 – поворотная крышка; 19 – плита; 20 – стойка; 21 – рама; 22 – воздухораспределительное днище; 23 – штурвал регулирования угла наклона вибростола; 24 – шарнирная опора; 25 – патрубок для выпуска минеральных примесей; 26 – козырек; 27 – регулировочный винт; 28 – вытяжной рукав; 29 – делитель

Мастер зерноочистки органолептически определяет характер примесей в зерновой массе до и после машины, степень отбора примесей.

Технологическая эффективность работы камнеотделительных машин должна быть не менее 90–95%.

Помимо неорганических включений в зерне, поступившем с поля, содержатся семена различных сорняков и наиболее опасных – куколя и овсюга. Если эти сорняки не отделить от основного зерна, то мука будет иметь плохой привкус, а при большом количестве таких примесей может быть даже ядовитой.

Куколь и овсюг от зерновой массы отделяют на триерах (рис. 3.4.7).

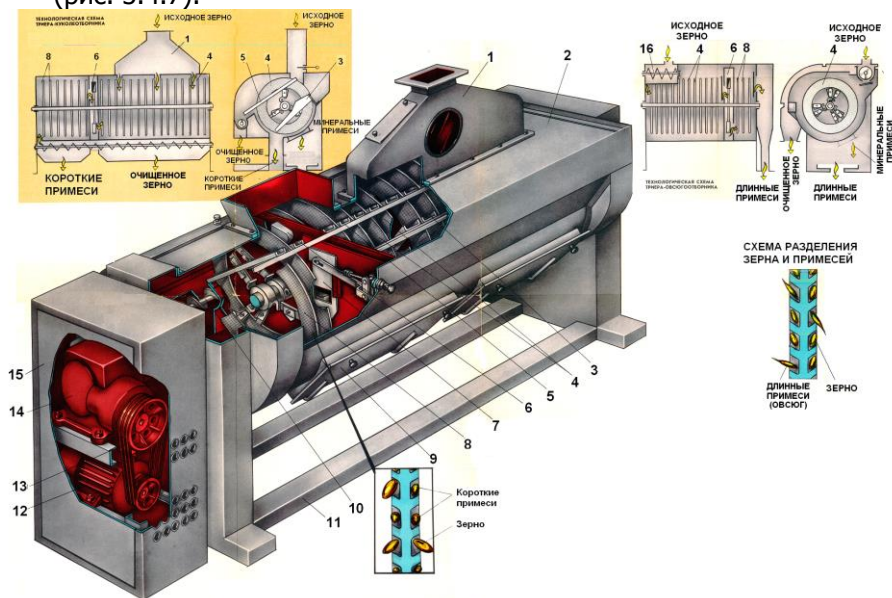


Рис. 3.4.7. Устройство и принцип действия дискового триера:

1 – приемное устройство; 2 – корпус; 3 – лоток для зерна; 4 – приемно-рабочие диски; 5 – лоток для коротких примесей; 6 – ковшовое колесо; 7 – задвижка; 8 – контрольные диски; 9 – откидная крышка; 10 – шнек; 11 – станина; 12 – электродвигатель; 13 – клиноременная передача; 14 – редуктор; 15 – ограждение привода; 16 – распределительный шнек

Основной рабочий орган триеров – ротор с набором дисков. На обеих сторонах поверхности дисков расположены ячейки.



Название дисциплины

Диски установлены на горизонтальном валу и закрыты металлическим корпусом. Они глухие, их форма видна на рис. 3.4.7.

В триере куколеотборника ячейки диска поднимают короткие примеси и зерно. При вращении диска из ячеек сначала выпадает зерно и выводится через нижние лотки. Смесь коротких примесей поднимается выше и через верхние лотки попадает в шнек, который подает ее в контрольное отделение триера. Здесь ячейки дисков снова вычерпывают короткие примеси и выводят их из машины, а зерно через накопительное отделение возвращается в рабоче-приемное отделение.

В процессе работы необходимо систематически проверять, не задевают ли диски при вращении за установленные между ними лотки. Поломанные лотки следует немедленно заменить (остановив для этого машину), а погнутые выровнять. Устанавливать лотки надо так, чтобы их кромки были расположены на одинаковом расстоянии от рабочей поверхности дисков.

В роторе триера наибольшему износу подвергаются чугунные диски, которые надо своевременно заменять. В дисках, кроме того, могут изнашиваться прикрепленные к их спицам гонки. Наблюдается также износ втулок дисков, если они были плохо закреплены на валу стопорным болтом.

Диски на валу надо устанавливать по схеме, на одинаковом расстоянии, причем гонки должны располагаться так, чтобы спицы нечетных дисков лежали в одной плоскости, а четных – в другой.

Для замены дисков нужно снять кожух, звездочки, цепи, крышки шариковых подшипников и, освободив внутреннюю обойму, вынуть шнек. Для снятия вала с дисками снимают одну боковину триера. Шариковые подшипники и цепь промывают в керосине. Необходимо проверить состояние шнека, звездочек.

Вал с дисками должен иметь плавный ход, в противном случае зерна могут преждевременно выпадать из ячеек.

В табл. 3.4.6 приведены основные неисправности, возникающие во время работы триеров.

Таблица 3.4.6

Характерные неисправности триеров и способы их устранения

ния

Неисправность	Способ устранения	Причина
---------------	-------------------	---------

## Название дисциплины

Смещение дисков в триере	Ослабли крепежные болты	Проверить расположение и прочность крепления дисков на валу и при помощи торцового ключа с длинной ручкой закрепить болты
Значительное количество короткой примеси остается в очищенном зерне	Заклинены или изношены ячеи дисков	Очистить жесткой щеткой ячеи дисков от пыли и грязи или заменить диски новыми
Неудовлетворительная работа цепной передачи	Непараллельность дискового и шнекового валов. Расположение парноработающих цепных звездочек в разных плоскостях	Проверить расположение дискового и шнекового валов. Передвинуть одну из звездочек на валу
	Недостаточная смазка цепной передачи	Проверить смазку цепной передачи, загрязненную смазку заменить новой
	Чрезмерное натяжение или провисание цепи и задевание стенки коробки ограждения	Подтянуть цепь, проверить положение коробки
	Цепи и звездочки изготовлены из недоброкачественного материала	Изготовить новые звездочки из износоустойчивого материала
	Неточность размеров шага и звеньев цепи	Подобрать точный размер звеньев цепи

После триеров зерно подвергается поверхностной обработке, при которой снимаются оболочки и частично удаляется пыль и грязь, скапливающаяся в бороздках зерна.

Эти операции выполняются на обоечных машинах. Конструктивно эти машины выполняются с горизонтальным или вертикальным барабаном. Основные рабочие органы – вращающиеся бичевой ротор и сетчатый цилиндр.

Зерно поступает в кольцевой зазор между ротором и цилиндром, где в результате многократных ударов и интенсивного трения происходит очистка поверхности и частичное шелушение (рис. 3.4.8).

Название дисциплины

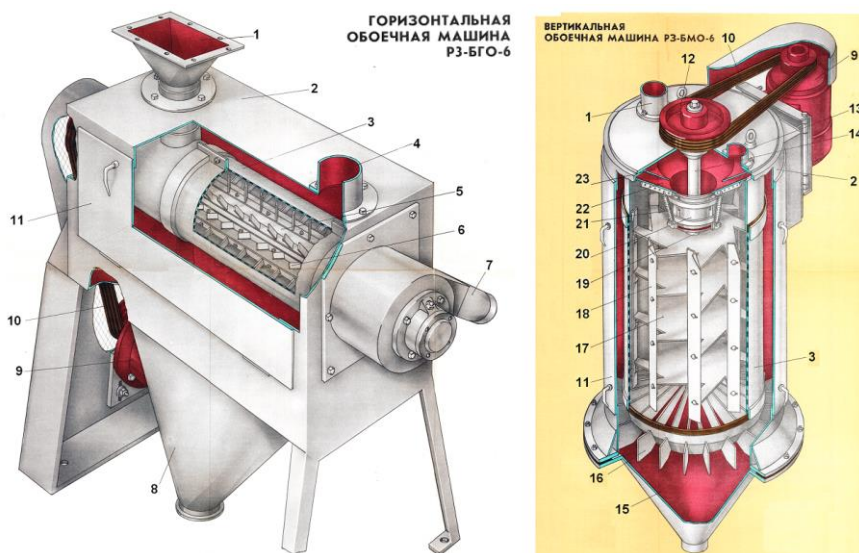


Рис. 3.4.8. Устройство и принцип действия обмоочных машин:  
 1 – приемный патрубк; 2 – корпус; 3 – сетчатый цилиндр;  
 4 –аспирационный патрубк; 5 – бичевой ротор; 6 – гонок; 7 – патрубк для выпуска зерна; 8 – выпускной конус для продуктов шелушения; 9 – электродвигатель; 10 – клиноременная передача; 11 – крышка корпуса; 12 – шкив;  
 13 – аспирационный патрубк; 14 – вал ротора; редуктор; 15 – выпускной конус для зерна и продуктов шелушения; 16 – опорное устройство; 17 – крестовина; 18 – бич; 19 – распределительный диск; 20 – питающий цилиндр; 21 – пружина; 22 – нижний питающий конус; 23 – верхний питающий конус

Рассмотрим эксплуатацию и ремонт обмоочных машин (табл. 3.4.7). В процессе работы в бичевом барабане изнашиваются бичи, болты, розетки, вал и его подшипники. Все это приводит к дебалансу барабана, что отрицательно сказывается на работе машины.

Таблица 3.4.7

Основные неисправности обмоочных машин и способы их уст

Неисправность	Причина	Способ устранения
1	2	3
Обмоочная машина с абразивным рабочим органом		

## Название дисциплины

Нарушение балансировки бичевого барабана, преждевременный износ подшипников, ослабление станины	Неравномерный износ бичей и ослабление их болтовых соединений; неравномерный износ розеток; выход из строя подшипника главного вала	Тщательно отбалансировать барабан, проверить и заменить подшипники; закрепить все болтовые соединения с обязательной постановкой контргаяк; закрепить болтовые соединения станины
Интенсивный или неравномерный износ абразивной поверхности деки	Плохой состав абразивной массы, эксцентricность внутренней окружности деки по отношению к наружной окружности бичевого барабана	Перезалить абразивную поверхность
	Неправильный зазор между бичами барабана и абразивной деки	Установить правильный зазор
Нарушение герметичности аспирационной камеры	Износ жалюзи рамки. Образование щелей в сопряжениях щитов, неплотное прилегание лючков	Заменить жалюзи. Устранить щели и неплотности
Заедание осей регулирующих клапанов	Наличие перекосов	Устранить перекосы

Окончание табл. 3.4.7

1	2	3
Обочная машина со стальным цилиндром		
Нарушение балансировки, что вызывает интенсивный износ подшипников и расшатывание станины	Смещение бичей по винтовой линии и неравномерный их износ	Заменить бичи
	Недопустимый прогиб приводного вала	Отремонтировать или заменить вал
	Вышел из строя подшипник главного вала	Заменить подшипник

Если износ граней бичей небольшой, их зашлифовывают. При большом износе бичи переворачивают острой кромкой внутрь барабана или, в крайнем случае, заменяют новыми. При установке бичи плотно прижимают к лапкам розеток. Если поверхности прилегания бича и лапки износились, то между ними следует положить картонную прокладку толщиной 2 мм. Бичи прикрепляют гайкой с контргайками. Плотно закрепленные бичи при легком

ударе по ним должны издавать звонкий звук. В обочных машинах с радиальным расположением бичей изношенные бичи заменяют новыми.

При малом износе ступицы розетки в нее впрессовывают втулку, а при большом износе или при наличии трещин ее заменяют.

После ремонта бичевой барабан подвергается тщательной балансировке.

Для большей точности балансируют сначала вал с розетками, а затем вал с розетками и бичами. Если обочная машина работает на шарикоподшипниках, барабан можно балансировать, не вынимая его из машины. Прежде чем приступить к балансировке барабана, надо отбалансировать розетки (каждую отдельно) и приводной шкив машины.

После обочных машин зерно поступает в энтолейтор (рис 3.4.9). Эта машина ударного действия, которая уничтожает яйца насекомых – вредителей, находящихся в зерне. Эти яйца на 95% состоят из воды и когда зерно за счет центробежной силы и штифтов ударяется о стенку корпуса, то ударный импульс воздействует на зерно, его ткани деформируются, а яйцо насекомых вследствие несжимаемости воды разрывается.

Кроме того, в энтолейторе производится доочистка зерна от оболочек.

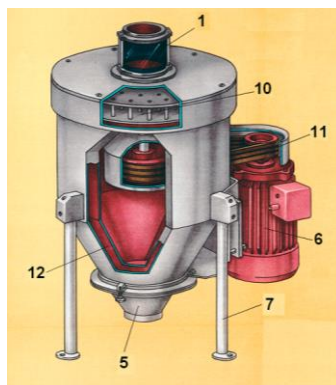
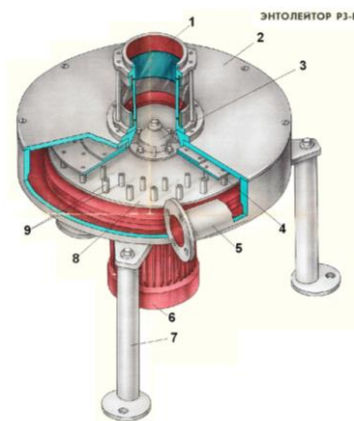


Рис. 3.4.9. Устройство и принцип действия энтолейтеров:  
 1 – приемный патрубок; 2 – корпус; 3 – распределительный конус; 4 – верхний диск; 5 – выпускной патрубок; 6 – электродвигатель; 7 – стойка; 8 – нижний диск; 9 – втулки; 10 – бичевой ротор; 11 – клиноременная передача; 12 – выпускная полость

Основные неисправности этих машин приведены в табл. 3.4.8.

Таблица 3.4.8

Основные неисправности энтолейтеров

Неисправность	Причина	Способ устранения
Ослабление или поломка пальцев ротора	Ослабление крепления, попадание инородных предметов	Закрепление пальцев, замена. Обязательная балансировка ротора
Нагрев и шумы в подшипниках	Отсутствие смазки, разрушение сепараторов	Смазка, замена подшипника
Проскальзывание или обрыв приводного ремня	Вытяжка ремня, перенатяжение	Регулировка натяжения, замена ремня, правильная установка ремня
Перегрев электродвигателя	Неравномерная нагрузка, отклонение напряжения сети, плохая работа тепловых реле	Установка ремня. Проверка и ремонт электрических коммутаций

#### 3.4.4. Машины для гидротермической обработки зерна

В высокотехнологичных схемах обработки зерна следующей операцией является мойка зерна.

Это дорогой процесс, так как на мойку 1 кг зерна необходимо 2,5 л чистой водопроводной воды. Кроме того, в такой воде будет много полезных остатков, которые, если выделить, могут быть использованы в комбикормовой промышленности. Технологическая схема моечной машины представлена на рис. 3.4.10.

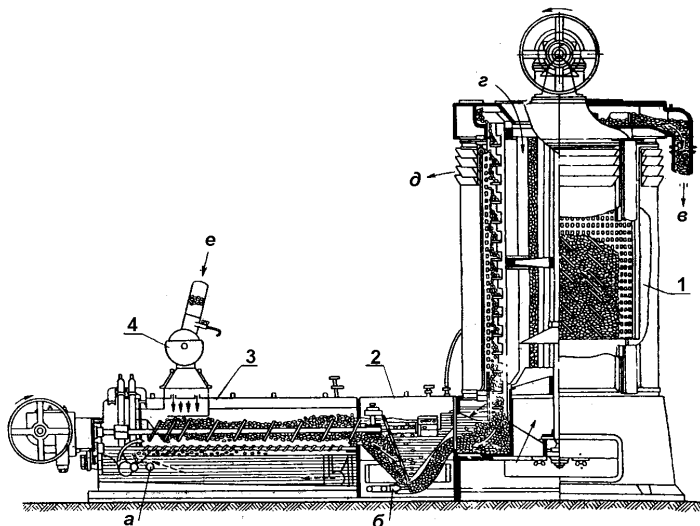


Рис. 3.4.10. Моечная машина:

1 – отжимная колонка; 2 – сплавная камера; 3 – моечная ванна; 4 – приемное устройство; а – подача воды в сопла для удаления минеральных примесей; б – подача воды в сопла для перемещения зерна; в – выпуск зерна; г – поступление воздуха; д – выход воздуха; е – поступление зерна

Зерно поступает в машину через приемное устройство. Приближая или удаляя его от отжимной колонки, можно сокращать или удлинять время пребывания зерна в моечной ванне. Задвижку приемного устройства следует устанавливать так, чтобы была предотвращена возможность завала машины при увеличенном потоке зерна.

Внутри приемного устройства установлен делитель, направляющий поток зерна равномерно на оба зерновых шнека. Самотечную трубу, подающую зерно в приемное устройство, делают телескопической, чтобы она не мешала перемещению этого устройства.

Из приемного устройства зерно поступает на два зерновых шнека моечной ванны, которые подхватывают его, перемешивают с водой и во взвешенном состоянии перемещают вправо – к отжимной колонке. При движении зерна в моечной ванне из него выделяются и оседают минеральные примеси, которые нижними шнеками перемещаются влево к сборному устройству (ковшу). Тяжелые примеси из ковшей поступают в сборные короба при

Название дисциплины

помощи гидравлического транспортера, использующего большую скорость воды для перемещения примесей по трубе. Периодичность очистки сборных коробов от минеральных примесей устанавливают в зависимости от степени засоренности зерна.

Из моечной ванны зерно верхними шнеками направляется в сплавную камеру, где вследствие снижения скорости воды оно тонет, а легкие примеси всплывают и периодически удаляются из машины. Далее зерно под давлением воды, поступающей в два сопла на дне камеры, подается в отжимную колонку. В это время происходит дополнительное ополаскивание зерна чистой водой, что снижает его запыленность.

Вода, отделенная от зерна, может быть выпущена в канализацию или же частично возвращена в смежное отделение моечной ванны, откуда после отстаивания она попадает в переднюю часть ванны.

Моечную машину устанавливают в металлическом водонепроницаемом корыте или на бетонном основании, имеющем сток воды. На входной водопроводной трубе установлен водомер для определения расхода воды на мойку зерна.

В процессе эксплуатации моечной машины могут быть различные неисправности, нарушающие нормальную ее работу, а иногда создающие аварийную ситуацию (табл. 3.4.9).

Таблица 3.4.9

Характерные неисправности моечных машин и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
1	2	3
Поломка лопаток бичевого барабана отжимной колонки	Износ лопаток или завал машины зерном	Заменить лопатки
Преждевременный износ радиального и упорного подшипников вертикального вала	Неотбалансированность бичевого барабана, плохая смазка, износ сепаратора упорного подшипника	Заменить изношенные подшипники, отбалансировать бичевой барабан
Порыв сита обечайки отжимной колонки	Попадание постороннего предмета, обрыв гонка, износ сита	Выявить и устранить причину неисправности, заменить сито
Износ витков и шеек валов шнеков моечной ванны	Абразивное трение шнеков о минеральные примеси	Наварить новые перья и шейки, обработать их на станке
Расшатывание станины отжимной колонки	Ослабло болтовое крепление	Закрепить все болтовые соединения



## Название дисциплины

Течь или отказ в работе вентиля, регулирующего подачу воды в моечную ванну	Износ прокладок, неисправность клапана	Заменить прокладки и клапан
Пробуксовывают ремни привода колонки, бичевой барабан не вращается	Между сетчатой обечайкой и бичевым барабаном в нижней части накопилось зерно	Открыть разгрузочные люки и очистить бичевой барабан от зерна до легкого проворачивания его рукой
При работе машины в отжимной колонке слышится сильный шум в результате ударов зерна о сетчатую обечайку	Затруднен отвод зерна из отжимной колонки	Открыть смотровые люки над штуцерами отвода зерна, прочистить их и прилегающие к ним самотечные трубы
При нагрузке машины в отжимной колонке слышен нарастающий шум от ударов зерна о сетчатую обечайку, бичевой барабан останавливается	Ослабли ремни на приводе отжимной колонки	Натянуть ремни

Окончание табл. 3.4.9

1	2	3
Бичевой барабан задевает о сетчатую обечайку	Не отрегулирован зазор между сетчатой обечайкой и бичевым барабаном	Отрегулировать сетчатую обечайку относительно бичевого барабана
Из отжимной колонки водой увлекается зерно	В сетчатой обечайке имеются неплотности или разрывы, через которые зерно попадает в отработавшую воду	Проверить прилегание разгрузочных люков к сетчатой обечайке, места соединений обечайки и устранить неплотности
Зерно накапливается в лотке сплавного устройства	В магистральной гидротранспорты зерна давление воды менее $10^6$ Па	Отрегулировать вентилем давление воды или включить насосную установку
Пробуксовывают ремни привода моечной ванны, останавливаются шнеки	Шнеки завалены зерном	Закрыть поступление зерна в шнеки и разгрузить их вручную
	Слабо натянуты ремни привода	Натянуть ремни
Минеральные примеси не удаляются из ковша	Засорен гидротранспорт камней	Прочистить трубопровод
	Слабое давление воды на гидротранспорте камней	Увеличить напор воды

## Название дисциплины

В ковш с минеральными примесями поступает дробленая оболочка и отходы зерна	В моечной ванне накопились оболочки зерна и другие примеси	Очистить ванну от отходов
В сплавном устройстве накапливается пена	В пеногасителях засорены отверстия	Прочистить отверстия
	Нет напора воды	Отрегулировать напор воды в системе
	Засорен переливной штуцер и прилегающий к нему отвод	Очистить от накопившейся грязи штуцер и прилегающий к нему отвод
Перегревается редуктор	Нет смазки в подшипниках	Заполнить подшипник смазкой
	Недостаточное количество масла в редукторе	Долить масло
«Бьет» ток при прикосновении к машине	Машина плохо заземлена	Проверить заземление и монтаж проводов

Перед ремонтом моечную ванну и сплавную камеру тщательно очищают от грязи и промывают водой. Промывают также отжимную колонку, а ее ситовую обечайку протирают жесткой щеткой. При этом надо следить, чтобы вода не попадала на нижний подшипниковый узел.

В моечной ванне наибольшему износу подвергаются шнеки, кожух корыта и детали редуктора. Валы шнеков вращаются в подшипниках скольжения с текстолитовыми вкладышами, которые при ремонте заменяют. Во избежание задигов на шейках валов шнеки пускают в работу только при заполненной водой ванне. Витки шнеков в зависимости от их состояния или заменяют, или восстанавливают. В местах износа кожухов ставят заплаты.

Для нормальной эффективной работы пеногасителя трубку подачи устанавливают на высоте 50–100 мм над уровнем воды. При ремонте сплавной камеры прочищают отверстия в этой трубке. Изношенные сопла заменяют.

В отжимной колонке в процессе работы происходит истирание или поломка лопаток, раскрепление продольных угольников, износ сит обечайки, поломка выбрасывающих лопастей в головке машины. При ремонте отжимную колонку полностью разбирают. Ротор машины вынимают при помощи тали грузоподъемностью не менее 0,5 т.

Замена гонков-лопаток в машинах старых выпусков является трудоемкой работой, так как гонки приварены к стойкам. Их надо срубить, место приварки тщательно зачистить и прива-

ритель новые гонки.

В машинах более поздних выпусков гонки к угольникам крепят болтами. В случае замены полностью или части гонков необходимо с ними уравновесить стойки.

Особенно тщательно надо разобрать, сделать ревизию и собрать подшипниковый узел отжимной колонки. Изношенные сита ситовой обечайки заменяют новыми. Для предотвращения попадания нормального зерна в приемник грязной воды необходимо хорошо затягивать болты, скрепляющие секции ситовой обечайки, а также прокладывать резиновые полоски между заплечиками основания колонки и обечайкой.

В зерновом питателе моечной ванны в основном ремонтируют клапаны, которые должны легко устанавливаться в нужное положение и фиксироваться гайками-барашками.

Ревизию редуктора коробки передач с целью определения уровня масла проводят один раз в 60 дней, а смазку подшипников вертикального вала – один раз в 90 дней.

Измельчение – очень трудоемкий процесс. Оценка энергоемкости мельниц показывает, что до 70% потребляемой энергии расходуется в размольно-сепарирующем отделении. Естественно, что все инженерно-технические службы мельницы стремятся уменьшить энергоемкость. Начинается этот процесс в подготовительном отделении. Давно было замечено, что если замочить зерно теплой водой и оставить его на какое-то время отлеживаться в бункерах, то влага, проникая в ядро зерна создает микроразрывы и трещины, которые ослабляют прочность зерна, и оно легче разрушается. Для замачивания зерна, используют увлажнительные машины (рис. 3.4.11).

Название дисциплины

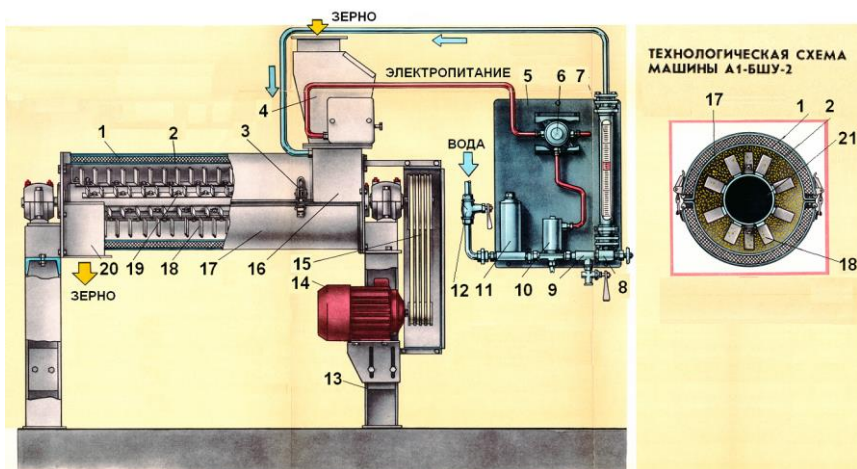


Рис. 3.4.11. Устройство и принцип действия аппарата для увлажнения зерна:

1 – поролоновая прокладка; 2 – корпус; 3 – замок кожуха; 4 – индикатор наличия зерна; 5,6,7 – элементы запорного устройства; 8 – игольчатый регулирующий вентиль; 9 – спускной кран; 10 – электромагнитный мембранный вентиль; 11 – керамический фильтр; 12 – вентиль; 13 – станина; 14 – электродвигатель; 15 – клиноременная передача; 16 – приемный патрубок; 17 – кожух; 18 – гонок; 19 – бич; 20 – выпускной патрубок; 21 – полый вал

Основным рабочим органом машины является вал с лопастями (п.18,19,21). Длина его рассчитана таким образом, что зерно в нем должно находиться около 15 минут. Вода питьевая подается через три форсунки в зерно. Одновременно подается и сжатый воздух, который продавливает воду вовнутрь зерна. Шнек интенсивно перемешивает и транспортирует зерно. На выходе влажность зерна должна быть 14,5–15%. Основные неисправности этой машины показаны в табл. 3.4.10.

Таблица 3.4.10

Неисправности увлажнительной машины и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Износ шеек вала смесителя	Выработка ресурса	Восстановление
Поломка лопаток шнека	Перегрузки	Восстановление

Изменение формы распыливающих дисков	Перегрузка машины	Замена новыми
Износ игольчатых клапанов	Недостаточная очистка воды	Замена новыми

Увлажненное зерно затем направляется в бункера для отволаживания. В зависимости от технологического процесса производства муки или крупы процесс отволаживания может продолжаться от нескольких часов до двух суток.

После этой операции формируется помольная партия зерна, и оно подается на доувлажнение перед первой драной системой.

### 3.4.5. Зерносушилки

Зерно, поступающее на элеваторы или другие системы хранения, может иметь по ряду причин (погода, зона и т.д.) повышенную влажность (до 20%). Для подобных случаев в технологические схемы подготовительных отделений включают зерносушилки.

На хлебоприёмных и зерноперерабатывающих предприятиях, а также в хозяйствах широкое распространение получили шахтные зерносушилки (рис. 3.4.12). Скорость движения агента сушки в слое зерна 0,2–0,5 м/с; скорость движения зерна в шахте во много раз меньше скорости агента сушки.



Рис. 3.4.12. Внешний вид шахтной зерносушилки  
 Наибольшее распространение получили рециркуляционные шахтные сушилки с противоточными камерами нагрева (рис. 3.4.13).

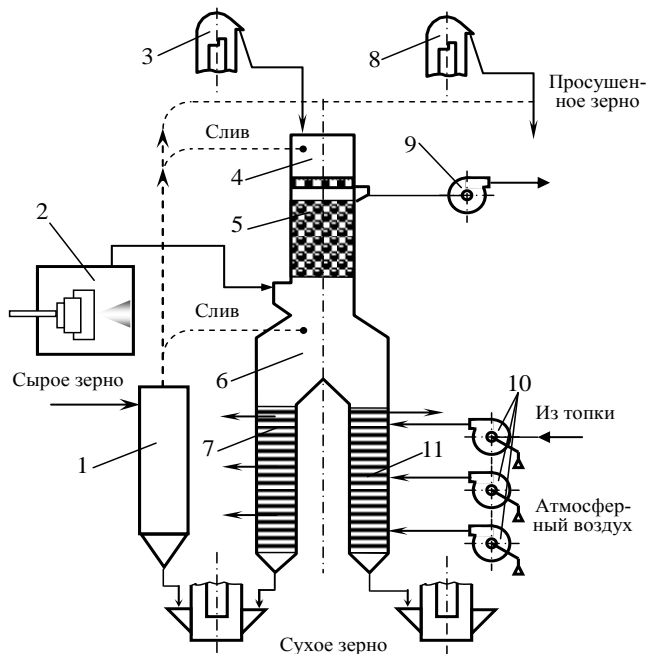


Рис. 3.4.13. Технологическая схема рециркуляционной зерносушилки с противоточной камерой нагрева: 1 – оперативный бункер; 2 – топка; 3 – рециркуляционная нория; 4 – приёмный бункер; 5 – камера нагрева; 6 – теплообменник; 7 – шахты промежуточного охлаждения; 8 – нория для сухого зерна; 9 – вентилятор камеры нагрева; 10 – вентиляторы шахт охлаждения; 11 – шахта окончательного охлаждения

Зерно, подлежащее сушке, загружают в оперативный бункер, из которого рециркуляционная нория передаёт его в приёмный бункер. Зерно через камеру нагрева подается в теплообменник и обе шахты, после чего подачу сырого зерна прекращают и настраивают устройство подачи, добиваясь равномерного поступления зерна в камеру нагрева по её сечению. Одновременно регулируются устройства для выпуска зерна из шахт. После этого включают в работу вентилятор камеры нагрева и топка. Доведя нагрев зерна до допустимой температуры, включают вентиляторы охладительных шахт.

Влажность сырого зерна в сушилке снижается до заданной

Название дисциплины

в результате многократной циркуляции. Когда заданная влажность зерна достигнута, его выпускают из шахты окончательного охлаждения.

Одновременно из оперативного бункера в рециркуляционную норию подают сырое зерно в объёме, равном выпущенному из сушилки. Смешиваясь с рециркулируемым, сырое зерно поступает в камеру нагрева. В ней агент сушки, движущийся вверх по направлению, противоположному движению зерна, нагревает его.

Из камеры нагрева зерно поступает в тепловлагообменник, где находится около 15 мин. В это время происходит интенсивный влагообмен между отдельными зёрнами и происходит выравнивание температуры.

После тепловлагообменника зерно разделяют на два потока: один направляют в шахту промежуточного охлаждения для дальнейшей рециркуляции, а другой – в шахту окончательного охлаждения, где влажность зерна доводится до нормативных параметров.

В основном влага из зерна удаляется в охладительных шахтах под действием теплоты, полученной в камере нагрева. В ней за один проход влажность зерна снижается на 0,2–0,4 %, а в шахтах охлаждения – на 0,8–1,2 %. Для достижения зерном заданной влажности из шахты промежуточного охлаждения его возвращают на рециркуляцию.

Сырое зерно смешивают с рециркулирующим в таком соотношении, чтобы средневзвешенная влажность смеси превышала конечную влажность на выходе из сушилки на величину средневзвешенного снижения влажности за один цикл. Температура отработавшего агента сушки должна быть близкой к температуре зерна в камере нагрева.

Правильная организация эксплуатации зерносушилок, своевременное устранение выявленных недостатков и систематический контроль температурного режима и хода процесса сушки являются обязательными условиями, гарантирующими сохранение качества просушиваемого зерна (табл. 3.4.11).

Таблица 3.4.11

Характерные неисправности шахтных зерносушилок и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
---------------	---------	-------------------



## Название дисциплины

Трещины и щели в корпусах камер	Старение материала, тепловая усталость	В железобетонных – замазка цементным раствором. В остальных – замена отдельных листов с использованием сварки или клепки
Появление трещин и щелей в топке, работающей на угле	Воздействие высоких температур, старение	Замена огнеупорных кирпичей, футеровка огнеупорной глиной
Появление трещин в топке камер, работающих на жидком топливе	Нарушение условий сгорания топлива	Восстановление прогоревших обечаек, восстановление топки. Проверка форсунок и топливопроводов
Шум и нагрев подшипников вентилятора	Разрушение подшипника	Замена подшипника
Биеение ротора	Изгиб лопастей, нарушение балансировки	Увеличение зазора между ротором и кожухом, закрепление ротора на валу, балансировка вентилятора
Просачивание воздуха из трубопроводов	Нарушение целостности фланцевых соединений	Замена прокладок
Замедление движения зерна у стен шахты	Увеличение сопротивления движению зерна	Уменьшение количества полукоробов на 30%. Укоротить полукороба
Самосортирование зерна в шахте	Недостаточная очистка зерна, неравномерность подачи	Увеличение качества очистки зерна, увеличение точек подачи зерна до 4-х
Неравномерный выход зерна из сушилки	Неправильная работа выпускного механизма	Регулировка расположения клапанов выпускного механизма
Неравномерное распределение агента сушки по коробам	Неправильная форма и расположение диффузора	Установка отражательных щитков для повышения скоростного потока агента сушки

Неодинаковая начальная влажность поступающего зерна вызывает неравномерность его нагрева и препятствует равномерному высушиванию. Поэтому для шахтных сушилок, не оснащенных устройством для рециркуляции зерна, подбирают однородные партии с колебаниями не более 2% при влажности зерна до 19% и не более 4% при влажности зерна выше 19%.

Чтобы выровнять температуру нагрева и влажность зерна, в шахтных сушилках применяют заглушку (полностью или частично) отдельных подводящих или отводящих коробов, расположенных вблизи мест перегрева зерна. Для этого используют изготовляемые на месте из листовой стали специальные заглушки по форме коробов, позволяющие уменьшить их сечение.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3.4

### ИСТОРИЯ НАПИТКОВ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ИЗ ЗЕРНА

#### ИСТОРИЯ ПИВА

Пиво настолько древний напиток, что установить его перво-создателей просто невозможно. Говорят, еще Ной перевозил пиво на своем ковчеге (рис. ПЗ.4.1).



а)



б)



в)

Рис. ПЗ.4.1. Ной:

- а – Ной строит ковчег и освежается пивом;
- б – «Собрание Ноя с Арарата», Иван Айвазовский, 1889;
- в – гора Арарат. Современная фотография

Изучение рецептов приготовления пива, высеченных на камне, дает основание утверждать, что около 7000 года до н.э., шумеры, проживающие в Двуречье – на территории между реками Тигр и Евфрат, уже умели варить напиток с применением ячменного солода. Они приносили его в дар богине плодородия. Неизвестный поэт, живший в городе-государстве Ур 2100 лет до н.э., восклицал, быть может, в самых первых стихах о пиве: "Пусть станет око бочки нашим оком, пусть станет сердце бочки нашим сердцем". Технология приготовления пива детально описана на шумерских клинописных табличках, которым более 5 тысяч лет. Немецкий археолог Е. Хубер нашел клинопись III тысячелетия до н.э. с рецептами не менее 15-ти сортов пива,

которые ему удалось изготовить. Процесс пивоварения был примерно такой же, как в наши дни. Из солода вырабатывался пивной хлеб, баппир, который потом крошили, опускали в бочку, заливали водой и квасили. После брожения пиво процеживали и приправляли. Пили пиво через специальные трубочки, чтобы не растворившиеся плевела и зерна не попадали в пищевод пьющего. У шумеров была даже поговорка: "Не знать пива – не знать радости". Спорная поговорка говорит о минимальных видах радостей в жизни простых шумерских семей. Тем не менее, население Месопотамии: шумеры, ассирийцы – знали более 70 сортов пива, имевших разные названия в зависимости от вкуса, цвета и других свойств. Таким образом, они искусственно увеличили количество разновидностей познаваемых радостей.

Стандартизацию правил изготовления и продажи пива ввел царь Хаммурапи (1792-1750 гг. до н.э.). Они были изданы в известном своде законов. Пиво в Вавилоне варили женщины, в дальнейшем в истории пивоварения им этого не доверяли. Нарушение нормы назначения цен штрафовалось или женщину просто бросали в воду. Производитель поддельного пива должен был быть утоплен или наказан питием такого "пива" до самой смерти.

Ассирийцы переняли изготовление пива от вавилонян, что подтверждает барельеф во дворце Саргона II в Дур-Шуракин (Хорсабад), относящийся к VIII в. до н.э. Ассирийские пивовары поклонялись богу Ану. На территории Месопотамии (современный Ирак) и ныне находят глиняные кружки с носиками.

В Египте найдены памятники, указывающие, что пиво там варили уже в 2800 году до н.э. (рис. ПЗ.4.2, ПЗ.4.3). Настенная живопись, относящаяся к 2600-2190 гг. до н.э, показывает процесс приготовления пива, начиная от обычного ячменного и кончая пивом, для приготовления которого использовался пшеничный солод. Популярное выражение "пиво – жидкий хлеб" знали уже в Древнем Египте и Вавилоне. Выпечка хлеба и пивоварение в Египте осуществлялись на одной основе, поскольку пиво варили тогда из солодовенного хлеба, поджаренного или подсушенного на солнце. Пиво, лук и хлеб были основной едой небогатых древних египтян. А дневная норма строителя пирамид состояла из трех буханок хлеба, трех жбанов пива и нескольких пучков чеснока и лука.



Рис. ПЗ.4.2. Подношение  
пива гостям.  
Барельеф 300 г. до н.э.  
Египет



Рис. ПЗ.4.3. Царица  
Древнего Египта Нефертити  
наливает пиво через  
ситечко

Египтяне полагали, что навыки пивоварения передал людям бог урожая и подземного мира Осирис. Пиво в Древнем Египте называлось пелузийским напитком, по имени города Пелузий в устье Нила, главного тогдашнего центра пивоварения, где варилось лучшее пиво. Группа британских археологов во время раскопок в Тель-эль-Амарне, древней египетской столице, обнаружила остатки пивоварни, принадлежавшей храму Солнца, построенному царицей Нефертити. Было обнаружено и настенное панно с изображением Нефертити, наливающей пиво через нечто, похожее на ситечко, чтобы очистить напиток от примесей.

Сама Нефертити была незаурядным мастером приготовления ячменного напитка. Со времени фараона Рамзеса II пиво становится излюбленным напитком в Египте. Из поучения Аниго узнаем, как встречали матери своих детей-студентов: "Потом ты пошел в школу, а когда научился грамоте, я каждый день ждала тебя дома с пивом и хлебом". В гробницы фараонов

обязательно ставили сосуды с пивом.

Вместе с тем, на чрезмерное употребление пива уже тогда смотрели неодобрительно. Не случайно на одной из каменных плит было высечено наставление: "Не погуби себя, когда сидишь в пивной, не теряй разума и не забывай своих клятв...". В одном из писем на папирусе около 3 тысяч лет тому назад отец упрекал сына, что тот слишком часто посещает заведение, где пьют "гаг" – один из сортов пива. О приготовлении напитка из ячменя в долине Нила писали Гекатей и Геродот. Другой автор – Диодор – отмечал, что поклонники Осириса готовят напиток из ячменя в тех местах, где не растет виноградная лоза. Теофраст называл ячменный напиток "Zythos", что некоторые авторы пытались связать с древнеславянской "сытой" – медовым напитком от слова "сытить", то есть насыщать воду медом.

Безусловно, народы Древнего Шумера и Египта определенно не были единственными, кто умел варить пиво. Но наличие у этих народов письменности сохранило для потомков свидетельства технологии пивоварения.

Печально, но наша цивилизация пошла по другому пути, когда люди узнали, что сок виноградных ягод, постояв с недельку, начинает бить в голову пьющих с гораздо большей силой...

В древней Греции, богатой различными винами, пиво презирали. Оно считалось напитком бедняков. Тем не менее, знаменитый врач Гиппократ посвятил пиву специальную книгу. Аристотель пишет о странном действии пива, которое, якобы, заключается в том, что человек, опьяненный пивом, падает назад, а не шатается по сторонам, как это бывает с человеком после вина. Греки пили вино, сильно разбавленное водой. Выражение "он пьет неразбавленное вино" или "он пьет как скиф" было синонимом пьяницы. Уважающие себя жители Древнего Рима тоже практически не употребляли пива, что во многом характерно и для современных романских народов, занимающихся выращиванием винограда. Известно, однако, свидетельство Плиния Старшего,



Рис. ПЗ.4.4. Монета с изображением историка Древнего Рима Плиния Старшего, описавшего процесс изготовления пива

## Название дисциплины

который в "Естественной истории в 37 книгах" пишет о приготовлении пшеничного пива в Кампании (Южная Италия) под названием "tragum" (рис. ПЗ.4.4). Близкий к плембу древнеримский комедиограф Тит Маций Плавт подтверждает, что пиво употреблялось, в частности, на празднествах в честь богини земледелия Цереры, отчего оно стало называться "ceres". Отсюда современное название пива в итальянском (cervisia) и испанском (cerveza).

Хорошо был известен этот напиток и в доколумбовой Америке. Основными компонентами для приготовления пива в древности были зерно и солод. Обычно их смешивали в равных пропорциях, заливали на сутки водой, потом дважды растирали до образования теста. Тесто заливали кипятком с добавлением холодной воды – получалась закваска. Через сутки, полученную таким образом жидкость кипятили и остужали с добавлением закваски – получалось сусло. В остывшее сусло добавляли сухой размолотый солод и оставляли бродить. После брожения, когда сусло покрывалось массой больших пузырьков, проводилась его очистка через травяные сита. Полученное таким образом пиво из сорго могло храниться 24 часа, из кукурузы – 15 часов.

Пиво в Европе было известно задолго до арийского расселения, в частности, на Иберийском полуострове. О жителях Лузитании (современная Португалия) Страбон писал: "Они пьют ячменное пиво; вина же у них не хватает; приготовленное вино быстро выпивают, устраивая угощение вместе с родственниками..." Упоминает он о пиве и в разделе о таинственной стране Фуле где-то к северу за пределами Ойкумены, возможно, это Британские острова: "Люди, живущие там, питаются просом и другими злаками, плодами и кореньями, а где есть хлеб и мед, там из них готовится напиток". Иберийцы называли пиво "caelia" или "cerea". Наслаждались пивом также лигурийцы, населявшие северо-западную Италию и юго-восточную Галлию.

Самыми старыми поклонниками пива среди арийских народов считаются фригийцы, заселившие во II тысячелетии до н.э. Малую Азию, и фракийцы, проживавшие в основном на Балканах и в низовьях Дуная, в частности, даки. По свидетельству Гекатея Милетского (конец VI–начало V вв. до н.э.), у одного из фракийских племен – пэонов – употреблялось два сорта пива, одно из ячменя, другое из пшеницы, причем в пиво для вкуса клали какие-то травы. Пиво было традиционным напитком и у кельтов, проживавших тогда на значительной территории Галлии.

Посидоний в I в. до н.э. упоминает о приготовлении ими пива из пшеницы и меда. Он же оставил следующее описание пивной: "Из одной бочки старательно наливают кружку за кружкой, которая затем разносится слугами направо и налево". Это кельтское пиво сохранялось в Северной Франции, Бельгии и Англии вплоть до недавнего времени.

Национальным напитком пиво было у древних германцев. Римский историк Тацит в 98 г. н.э. в сочинении "О происхождении германцев" писал: "Их напиток – ячменный или пшеничный отвар, превращенный посредством брожения в некое подобие вина; живущие близ реки (Рейна) покупают и вино". Это название, по мнению одних исследователей, восходит к старогерманскому названию ячменя *bere*, других – к среднелатинскому *biber*, или *biberis*, то есть "пить". Близко название и в современном румынском языке – *bere*. Другое старогерманское название пива *Alu* (*ale*, *ealo*) удержалось в английском языке (*Ale*). Солод у древних германцев назывался *Bratse*, отсюда выводят французское слово *Braser* ("варить пиво"). Пиво, употреблявшееся германскими и галльскими народами, отличалось кисловатым вкусом. Для придания пиву специфического горьковатого вкуса в него добавляли хмель (рис. ПЗ.4.5).



Рис. ПЗ.4.5. Плоды хмеля

Вопрос о том, когда и где впервые стали применять хмель для пивоварения (возможно, сначала дикий,) вряд ли будет когда-нибудь разрешен. Этимологически славянское и латинское названия хмеля очень близки (*humulus* – хмель) и, вероятно,

## Название дисциплины

являются видоизменениями одного и того же слова. По мнению некоторых ученых, хмель впервые стал культивироваться славянами. Он был известен среди культурных растений Киевской Руси, хотя продолжали собирать и дикий хмель. Хмель упоминается в летописи о договоре князя Владимира с болгарами в 985 г., когда, давая клятву верности договору, болгары, якобы, заявили: "Тогда не будет между нами мира, когда камень станет плавать, а хмель – тонуть". Традиционно лучшими сортами хмеля считались заакский (жатецкий), он же богемский, который был выведен в Чехии в XV в., баварский из окрестностей Шпальта, известный с XIV в., а также высший сорт кентского хмеля из Англии, появившийся сравнительно поздно. В западных источниках хмель впервые упоминается епископом Исидором Севильским в VII в. и в дарственной грамоте франкского короля Пипина Короткого в 768 г. Считается общепризнанным, что хмель впервые стал употребляться в пивоварнях монастырей бенедиктинцев, францисканцев, августинцев, прежде всего, в Южной Германии. Произошло это около X-XI вв., а, возможно, и с IX в. Святая Гильгергарда, настоятельница Рупертсбергского монастыря, в 1079 г. упоминает о добавлявшемся в пиво хмеле.

Пиво и сейчас является наиболее распространенным напитком. Вопрос только заключается в хороших технологиях его изготовления, от которых зависит качество этого напитка.

### ИСТОРИЯ ВОДКИ

По одним данным, впервые водку получил персидский врач Ар-Рази в XI веке. Она отличалась от современной водки, и ее использовали для приготовления лекарств и духов, поскольку Коран запрещает употребление алкогольных напитков.

Согласно другим данным, перегонка спирта (дистилляция) была изобретена алхимиками-арабами еще в VIII веке от Рождества Христова. Эти первопроходцы разводили некий черный порошок, затем кипятили полученную жидкость и конденсировали получаемый пар. Этот пар, концентрируясь, загустевал и, таким образом получалось вещество «Кхоль». С его помощью женщины подводили глаза. Когда алхимики во время той же перегонки начали выделять спирт, то дали полученному продукту название «Аль-кхоль».

Также есть сведения, что дистилляция алкоголя и производство спирта независимо от алхимиков были изобретены во Франции, в Провансе, в 1334 г. Арнольдом Вилльневем.



## Название дисциплины

В 1360-е гг. в ряде итальянских и южнофранцузских монастырей получали винный спирт высокой концентрации, названный аквавита («aqua vitae» в переводе с латыни – «вода жизни»).

В дохристианскую эпоху на Руси потребление алкоголя имело место главным образом на языческих пиршествах (народный и княжеский пиры, игрища, тризны).

В то время на Руси основным сырьём для производства алкоголя был мед, и поэтому традиционные хмельные напитки были слабоградусные: медовуха, пиво, брага, а с X в. и виноградное вино, а их приём сопровождался, как правило, обильной трапезой, что в совокупности сводило к минимуму ущерб здоровью от употребления алкоголя.

С тех далёких времён сохранился знаменитый рефрен многих народных сказок: "И я там был. Мёд, пиво пил. По усам текло, а в рот не попало".

Хмельное питьё каждый варил сам для себя, сколько ему нужно было для обихода. Иногда напитки варили семьями, миром, что получало название мирской бражки, мирского пива. Общины и миры, города и сёла сходились на игрища, собирались на братчины, пиры и беседы. На народные пиры приглашался князь, на пир княжеский собирался народ. Строй земской жизни проявлялся в том весёлом единении народа и князя – государя, которое мы встречаем на пирах Киевской Руси, древней Польши, ещё жившей по-славянски, в Чехии, и так далее, во всей Славянщине.

Всякое мирское дело непременно начиналось пиром, и поэтому в жизни народа хмельные напитки имели большое культурное значение.

Общее заблуждение иностранцев – принимать радушные пиршества в честь гостя за повседневный обычай славян. Арабский писатель Ибн-Фодлан писал о славянских язычниках, что "они предаются питью вина неразумным образом и пьют его целые дни и ночи".

Слова киевского князя Владимира Святославича "Руси есть веселие пити, не можем без того быти" не означали, что русский народ не мог обходиться в повседневной жизни без алкоголя. Киевский князь не мог представить себе пира без алкогольных напитков своего времени. Это был всего лишь навсего его вежливо-ироничный отказ мусульманским послам, склонявшим Русь к принятию ислама, который не допускал употребления алкоголя.

Христианская вера, в которую был обращён русский народ, пить не запрещала, но требовала умеренности в отношении хмельного. "Невинно вино, виновато пьянство" (И. Христос).

Обычай пировать сохранялся ещё достаточно долго, но из языческого буйства он превратился в христианское застолье. Древняя языческая тризна, на которой обязательно употреблялись хмельные напитки, также пережила падение язычества и сохранилась до наших дней. Алкоголь потребляется в "родительские субботы" и в другие дни поминовения умерших.

Православие играло важную сдерживающую роль в отношении злоупотребления алкоголем, строго регламентировало его потребление. Свидетельство этому – некоторые известные пословицы и поговорки: "Для праздника Христова не грех выпить чарочку простого" (т.е. пить в будни – грешно), "Одна рюмка – на здоровье, другая – на веселье, третья – на вздор", "Много вина пить – беде быть", "Пить до дна – не видать добра", "Работа денежку копит, хмель денежку топит".

До середины XVI в. народ, заплатив пошлину на солод, хмель и мёд ("бражную пошлину"), варил известное к тому времени слабоалкогольное питьё (5-8°) – медовуху, пиво, брагу и употреблял их дома или в корчмах.

Корчма – древнеславянское общественное питейное заведение. Корчмой называлось место, куда народ сходил для питья и еды, для бесед и выпивки с песнями и музыкой. Корчма была вольным народным учреждением, имела значение ратуши и гостиного двора. В Киеве, Новгороде, Пскове и Смоленске корчмы составляли важнейшее городское учреждение. Это хорошо видно из представленной картины Б. Кустодиева (рис.ПЗ.4.6).



Рис. ПЗ.4.6. Б. Кустодиев. Московский трактир (1916)

Ни в одном письменном свидетельстве домосковской Руси не упоминается пьянство как социально неприемлемая форма употребления алкоголя, носящая массовый характер. Злоупотребление алкоголем сдерживалось в то время рядом факторов. Алкогольные традиции на Руси определялись ритуальным употреблением хмельных напитков по случаю знаменательных событий, православных праздников, свадеб, крестин, поминок, завершение сбора урожая и т.п., нося в целом эпизодический характер. Алкогольные напитки были слабоградусными. Большинство населения не имело излишков продовольствия для производства алкоголя. Алкогольные напитки были относительно дороги. На голодный желудок алкоголь, как правило, не употреблялся: мёд, пиво или вино пили либо на пиру, либо в корчме, где всегда подавалась еда (рис. ПЗ.4.7). Только враги русского народа постоянно муссируют тему склонности русских к пьянству.



Рис. ПЗ.4.7. К.Е. Маковский. Боярский свадебный пир в XVII веке (1863 г.)

Впервые в Россию прообраз водки попал с генуэзскими торговцами, угостившими князя Дмитрия Ивановича Донского в 1386 году крепким напитком «аqua vitae» (перебродившим соком перебродившего винограда). На Руси в те времена дистилляция и принципы получения спирта не были известны. Россияне предпочитали крепкие алкогольные напитки, созданные на основе брожения березового и ягодных соков, а также меда.

Только со второй половины XIV века в России началось развитие производства алкогольных напитков из иных полуфабрикатов, чем мед. В ход пошли зерна злаковых растений. Использование нового сырья было связано с новыми шагами в хлебопечении. В связи с разделением церквей на православную и католическую для причастия нужно было выпекать различный же хлеб – пресный или дрожжевой, «квасной». Жидкое тесто и сусло (забродившее зерно) стали сырьем для изготовления хлебного вина путем дистилляции.

XV век стал переломным. Именно в это время на Руси происходит полный переход от прежних, древних алкогольных напитков, к новым – к хлебному спирту. В 1446 г. зафиксировано одно из последних упоминаний меда-напитка в источниках на старославянском языке западного происхождения.

В 1506 шведы вывезли из Москвы особый напиток, называемый «горящим вином». Так начался экспорт нового спиртного напитка из Руси в Европу.

## Название дисциплины

В конце XV века великий князь Московский и «государь Всея Руси» Иван III ввел государственную монополию на производство и продажу водки.

В 1533 году, как принято считать, в Москве был открыт первый «царев кабак» – питейное заведение, в котором продавались разные спиртные напитки, в том числе и водка.

Водку в те времена мерили ведрами. С 1531 года в одном ведре – 10 стоп, или 100 чарок. Стопа составляла около 1,5 л – 10 чарок. Одна чарка – это около 150 грамм, что составляло московскую «норму» единовременного «приёма» водки.

К началу XX века чарка несколько уменьшилась до 123 мл, что было близко к ныне привычным всем 100 граммам. Уменьшение меры объема водки было связано со стремлением государства извлечь больший доход от водочной монополии при сохранении прежних названий – ведро, чарка и т.д.

В 1648 году в России происходят так называемые «кабацкие бунты». Они были вызваны злоупотреблениями владельцев кабаков, резким снижением качества хлебного вина (водки) из-за хищений сырья и фальсификации, ростом взяточничества и невозможностью бедняков уплатить «кабацкие долги».

В 1716 году первый Император Всероссийский предложил дворянскому и купеческому сословиям исключительное право заниматься винокурением на своих землях. Указ же Екатерины II от 31 марта 1765 года разрешал «курить вино» только дворянам, при этом они были освобождены от налогообложения. «Домашние водки», в отличие от казенных, были преимущественно ароматизированными. Едва ли не каждый поместный дворянин имел свою собственную, оригинальную марку водки.

Согласно указу 1721 года солдат получал обязательное довольствие – 2 кружки водки в день, при ведре, деленном на 16 кружек. Это составляло около 1,5 л простого вина крепостью около 15 – 18° ( водки, разбавленной водой в пропорции трехпробного вина).

В период второй половины XVIII – первой половины XIX века появился собственно термин «водка» («русская водка»), который первоначально употреблялся по отношению к настоенным ароматизированным водкам.

В 1814 г., когда русские войска вступили в Париж, русская водка «дебютировала» в ресторане «Верри», снятом русским правительством для питания генералов и офицеров русской армии, и впервые стала доступна также избранному кругу

французской публики.

После Отечественной войны 1812 года российская казна оскудела, и правительство ввело государственную водочную монополию.

Важным событием в истории русской водки стало то, что винная монополия предписывала изготавливать все без исключения напитки на основе ректификованного спирта (очищенного горячим способом). Более чистый ректификованный спирт не столько был более безвредным, сколько более дешевым.

В некоторых источниках утверждается, что свой вклад в развитие водочной индустрии внесла работа знаменитого химика Д.И. Менделеева «Рассуждение о соединении спирта с водою». Дескать в ней ученый вывел идеальное соотношение объема и веса частей спирта и воды, а также объявил, что при крепости водки около 40° повышается ее питкость, создается наилучшая усвояемость организмом и что при таком разведении возможно наиболее полное улавливание всех примесей и сивушных масс.

Однако, по данным хранителей архива выдающегося русского химика, сам он водку не пил, предпочитая сухое вино, концентрациями спиртовых растворов, характерных для водки, не интересовался и не пытался определить оптимальную крепость водки. Данные же о водочном диапазоне концентраций в его диссертации были взяты из более ранней работы английского химика Дж. Гильпина. Вместе с тем Менделееву можно поставить в заслугу разработанные им таблицы для определения крепости напитков.

С конца XIX века русской (московской) водкой стали считать лишь такой продукт, который представлял собой зерновой (хлебный) спирт, перетроенный и разведенный затем по весу водой до 40°. Этот состав водки и был запатентован в 1894 году правительством России как русская национальная водка – «Московская особая», которая первоначально называлась «Московская особенная».

2 августа 1914 года правительство России издало постановление о прекращении продажи водки на период войны (1914 – 1918 гг.). Весь производимый этиловый спирт шел для технических нужд фронта и медицинских целей.

После Октябрьского переворота 1917 года запрет на торговлю водкой на время войны и революции был продлен. В июле 1918-го было принято новое постановление о запрете производства самогона и торговли водкой на период гражданской

войны и иностранной интервенции.

После 1917 года в разных странах Западной Европы и в США водочное производство было начато бывшими русскими фабрикантами, бежавшими из Советской России.

26 августа 1923 года ЦИК СССР и СНК СССР издали совместное постановление о возобновлении производства и торговли спиртными напитками в СССР.

Только в 1936 году при введении нового ГОСТа, согласно которому водно-спиртовая смесь должна именоваться водкой, на бутылках появилась этикетка «Водка». До этого на этикетках писали «Казенное вино» или «Казенное столовое вино», а водкой традиционно называли то, что сегодня называют настойками.

В 1953 году на международной выставке в Берне русская водка «Московская особая» была удостоена золотой медали. Благосклонно принял международный рынок и новую марку «Столичная».

В мае 1985 года, с наступлением эпохи Горбачева, вступил в силу документ «О мерах по усилению борьбы против пьянства и алкоголизма», переставший действовать через 5 лет. Результатом «борьбы с пьянством» явился демонтаж ряда ликероводочных заводов или их переоборудование в предприятия безалкогольных напитков. Отечественная спиртоводочная промышленность понесла тяжелый урон. Было вызвано широкое недовольство народа. У винных магазинов собирались огромные очереди. Росла спекуляция спиртными напитками. Народ варил брагу, самогон и травился спиртными суррогатами.

7 июня 1992 года первый президент России Б.Н. Ельцин издал Указ об отмене государственной монополии на водку, в результате чего страну захлестнула волна низкокачественной и фальсифицированной продукции. Снова начался рост подпольного самогонарения. На российский рынок хлынули зарубежные водки и спирты, изготовлявшиеся не по русской водочной технологии. Государство лишилось своей самой доходной и самой стабильной фискальной позиции в бюджете. В разы увеличилось количество алкогольных отравлений.

11 июня 1993 года был подписан новый президентский указ «О восстановлении государственной монополии на производство, хранение, оптовую и розничную продажу алкогольной продукции». Это была уже шестая с конца XV века российская водочная монополия.

Ежегодно в мире производится и продается более 4,6 млрд литров водки на сумму не менее 50 млрд долларов. На этот

напиток тратится около 20 % всех расходов на крепкий алкоголь (т.е. на алкогольные напитки крепче 20 % – коньяк, виски, ром, джин и т.д.). На водочном рынке в денежном выражении Россия занимает второе место после США, где более высокий уровень цен на крепкие спиртные напитки.

### **3.5. Частные технологии эксплуатации и ремонта машин размольно-сепарирующего отделения**

Из подготовительного отделения зерно поступает в размольно-сепарирующее.

Процесс получения муки очень сложный и состоит из множества повторов, в каждом из которых извлекается определенное количество муки, а оставшиеся частицы идут на повторное измельчение и дальнейшее сепарирование.

Идеологию построения технологического процесса в размольном отделении можно посмотреть на примере обойной муки. Ее получают при полном измельчении зерна (рис. 3.5.1) без отделения оболочек. Это самый простой процесс получения муки.

Зерно поступает на первую драную систему I др.с (это вальцовый станок). Продукты размола – крупка трех сортов, дунсты (это промежуточный продукт между крупкой и мукой) двух видов и немного муки поступают в бичевую вымольную машину БМ, где от продуктов размола отделяют отруби, а остальная масса поступает в рассев с технологической схемой №4 (это система сит, работающих в определенной последовательности.)



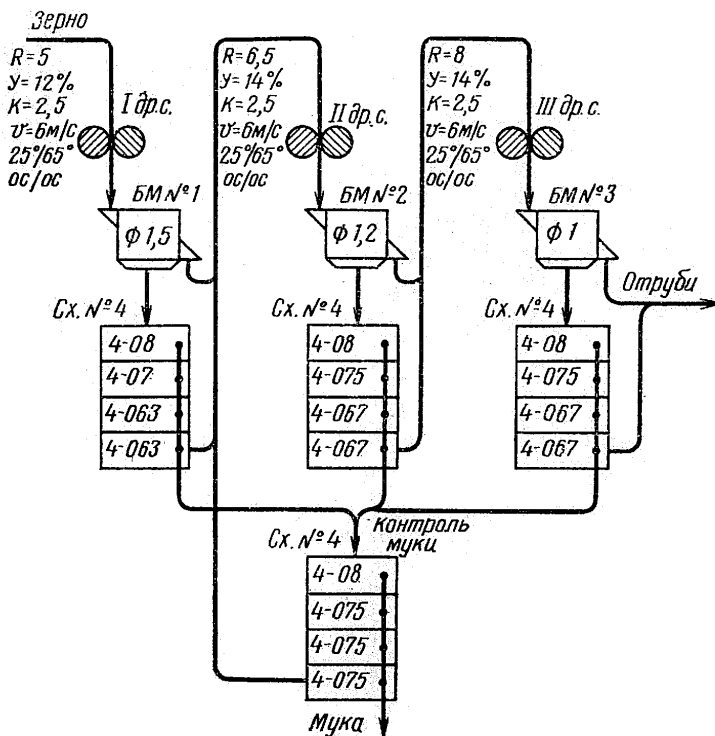


Рис. 3.5.1. Технологическая схема помола зерна в обойную муку

Муку получают, объединив проходы с сит № 08–063, и поток подается на контрольный рассев с ситами № 08–075.

В зависимости от назначения и материала, из которого они изготовлены, различают сита металлотканые, шелковые крупочные и шелковые мучные. В последние годы вместо сит из натурального шелка широко используют сита из синтетических тканей, чаще всего из капрона. Сита различают по нумерации.

В качестве номера металлотканого сита принят размер его ячеек в миллиметрах. Так, если сито № 056, то это значит, что размер его ячеек равен 0,56 мм. Номер шелковых крупочных сит определяют по количеству ячеек на 1 дм сита. Например, если сито № 270, то это значит, что именно столько ячеек приходится на 10 см (1 дм) сита.

Номер шелкового мучного сита соответствует количеству ячеек на 1 см сита. Так, при 35 отверстиях на 1 см имеем сито №

35 и т. п. Номер капроновых сит (мучных и крупочных) также определяется количеством ячей на 1 см сита.

Сходовые продукты с четвертого яруса отсева №1 подаются на вторую драную систему, оттуда на вторую вымольную машину с несколько меньшими отверстиями в ситах – диаметром 1,2 мм, затем на второй рассев с более густыми ситами (08-067). Проход со второго отсева – мука, а сход четвертого уровня идет на третью драную систему, и далее процесс повторяется, как это видно из рис. 3.5.1.

Выход муки при таком помоле составляет около 95%, т.е. из 100 кг зерна получают 95% муки.

### 3.5.1. Вальцовые размольные станки

Основной машиной для размола зерна является вальцовый станок.

Основные СЕ вальцового станка:

- мелющие вальцы;
- привод вальцов;
- межвальцовая передача;
- механизмы настройки на параллельность и параллельное сближение вальцов, система привала–отвала;
- приемно-питающий механизм, выпускное устройство.

Измельчение осуществляется в клиновидном пространстве, образуемом поверхностями двух цилиндрических параллельных вальцов, вращающихся с различными скоростями навстречу друг другу. Разрушение происходит в результате деформаций сжатия и сдвига.

Производительность и качество работы вальцового размольного станка прежде всего зависит от характеристик вальцов.

Технические характеристики вальцового станка подобраны так, чтобы обеспечить быстрое измельчение зерна и превращение его в муку (рис. 3.5.2).

Рифли на вальцах крупные, плотность нарезки на первой системе 4, 5–5, на последней 7–8 на 1 см длины окружности. Уклон 12–14%, т. е. близок к максимальной величине. Угол заострения рифлей принимают 100° или 90°, с соотношением углов острия и спинки 35/65° или же 25/65°.

Располагают рифли «острие к острию», отношение окружных скоростей вальцов 2,5:1 при скорости быстровращающегося вальца 6 м/с. При повышении  $v_6$  до 8–9 м/с

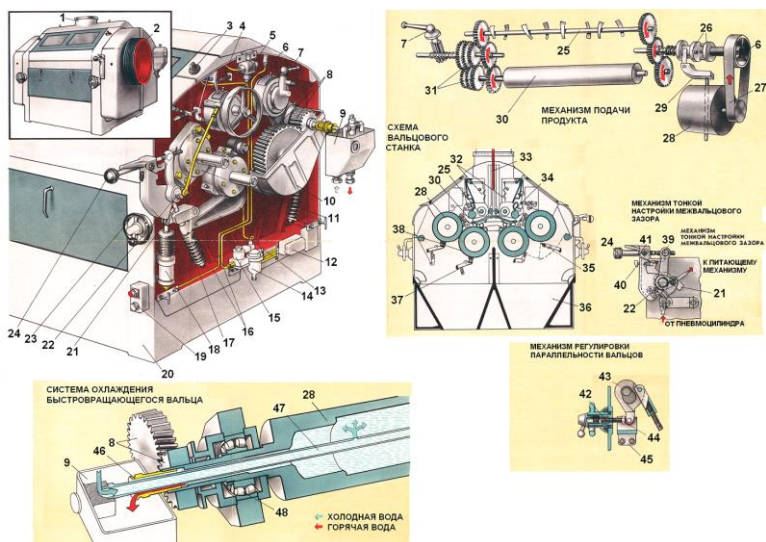
## Название дисциплины

интенсивность измельчения возрастает.

Рекомендуется также при обойных помолах применять валцы  $\varnothing 300$  или даже 350 мм для увеличения протяженности зоны измельчения.

Для повышения эффективности использования размалывающих валцов в настоящее время разработана технология и начат выпуск износостойчивых двухслойных валцов. Глубина верхнего слоя увеличена почти в четыре раза, повысилась твердость рабочего слоя, в связи с чем в 2–3 раза возросла износостойчивость валцов (по сравнению с ранее выпускаемыми). Повышение прочности позволяет использовать новые валцы с нарезкой и шероховатой рабочей поверхностью.

Валцы с шероховатой поверхностью применяют на шлифовочных, размольных и сходовых системах при многосортных помолах пшеницы, что позволяет снизить зольность получаемой муки и увеличить выход муки высоких сортов. Шероховатость валцов выбирают с учетом системы технологического процесса и фактических удельных нагрузок. Наведение шероховатой поверхности осуществляют на специальном станке при помощи электроимпульсной обработки валцов.



## Название дисциплины

Рис. 3.5.2. Устройство и принцип действия вальцового станка:

1 – горловина; 2 – клиноременный шкив; 3 – пневмопереключатели привала-отвала; 4 – пружина питающей заслонки; 5 – преобразователь сигнала; 6 – шкив питающего механизма; 7 – рукоятка переключателя скоростей; 8 – зубчатые колеса межвальцовой передачи; 9 – корпус системы охлаждения; 10 – кожух межвальцовой передачи; 11 – корпус подшипника; 12 – блок реле; 13 – свободный конец подвижного корпуса подшипника; 14 – воздушный фильтр; 15 – электромагнитный клапан; 16 – воздухопроводы; 17 – предохранительная пружина; 18 – пневмоцилиндр; 19 – кнопки «пуск», «остановка»; 20 – станина; 21 – подвеска; 22 – эксцентриковый вал; 23 – штурвал механизма настройки параллельности вальцов; 24 – рукоятка тонкой настройки межвальцового зазора; 25 – шнек; 26 – полумуфты; 27 – плоскоремennая передача; 28 – быстровращающийся валец; 29 – поводок; 30 – дозирующий валик; 31 – блок зубчатых колес; 32 – шторы-датчики; 33 – сигнализатор уровня продукта; 34 – заслонка питающего механизма; 35 – нож-очиститель; 36 – выпускной бункер; 37 – щетка-очиститель; 38 – медленно вращающийся валец; 39 – упор защелки; 40 – рукоятка фиксатора; 41 – защелка; 42 – ограничительный винт; 43 – рычаг; 44 – ролик; 45 – кронштейн; 46 – бронзовая втулка; 47 – трубка для охлаждения вальцов; 48 – роликовый подшипник

Неисправности размольных станков приведены в табл. 3.5.1.

Таблица 3.5.1

Характерные неисправности вальцовых размольных станков и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
1	2	3
Выход мучной пыли из станка	Неисправность системы аспирации	Проверка целостности труб, целостности осмотровых люков, очистка всасывающих щелей

## Название дисциплины

Вибрация станка	Несбалансированность вращающихся частей станка	Балансировка, регулировка шестеренчатых зацеплений
Вибрация хвостовиков нижних подшипников	Недостаточная жесткость амортизационных пружин	Регулировка поворота нижней гайки штурвального механизма
Разбег вальцов вдоль оси	Заплечики шеек вальцов не упираются в подшипники	Отрегулировать осевые зазоры
Трещины в станине	Внешние удары, ослабление крепления к полу, перегрузка вальцов	Заварка трещин, при невозможности замены станины

## Окончание табл. 3.5.1

1	2	3
Износ шеек вальцов питателей	Отсутствие или недостаток смазки, перекося валков и шестерен, нарушение технологии изготовления	Проверка системы смазки, проверка зацеплений, проверка материала вальцов
Отказ механизма включения	Засорение каналов гидропривода, износ шестерен и хвостовика привода	Очистка гидросистемы, замена шестерен и хвостовика
Неравномерное открытие секторной заслонки	Наматывание волокнистых материалов на регулировочный винт и шарнирные соединения, ослабление пружины секторной заслонки, перекося щитка	Очистка валика, замена пружины, рихтовка щитка, замена масла в гидросистеме
Плохая работа штурвального механизма	Износ резьб и тяг, зубьев храпового колеса, эксцентрикового пальца, поломка штурвала	Замена изношенных частей, восстановление винтового механизма, собачки храповика

Название дисциплины

		Сжатие амортизационной пружины до усилия 300–400 кг
--	--	---

В вальцах из-за неправильной их эксплуатации: работы с перекосами, работы станка с прижатыми вальцами без продукта – происходит преждевременный износ рифлей. Преждевременный износ и поломка подшипников происходят из-за частых перекосов вальцов, их вибрации, которая ведет также к износу шеек валов, срезу резьбы крепежных болтов корпусов подшипников. Вышедшие из строя роликовые подшипники, шпильки и болты с сорванной резьбой заменяют.

Если будет обнаружен срыв резьбы в корпусах подшипников или станине станка, рассверливают отверстия большего диаметра, вновь нарезают и подбирают болты, пробки или другие детали в соответствии с новым диаметром. Шейки валков наваривают и обрабатывают на токарном станке.

В процессе работы поверхность вальцов стирается, и для восстановления профиля рифлей ее периодически шлифуют и повторно нарезают рифли, что постепенно уменьшает диаметр вальцов; они становятся непригодными для работы. В связи с этим вальцы изготавливают так, чтобы только наружный слой обладал указанными механическими свойствами, а его сердцевина оставалась менее твердой. Это облегчает обработку гнезд для запрессовки цапф валов.

Шлифовать вальцы рекомендуется мокрым способом, применяя для этого 3%-ный раствор кальцинированной соды с добавлением 1% индустриального масла.

Для ремонта пару вальцов следует снимать одновременно в такой последовательности:

- останавливают электродвигатель (при индивидуальном приводе) и снимают приводные ремни;
- снимают кожух межвальцовой передачи, верхние дверки и щечки;
- освобождают клиновые шпонки, снимают при помощи съемников и выколоток приводной шкив и шестерни межвальцовой передачи;
- освобождают болты для стягивания проемов боковин и снимают их;
- снимают верхние вставки, козырьки, решетку ограждения и аспирационный щит;
- разъединяют винт параллельного сближения вальцов с

Название дисциплины

автоматом;

- вывинчивают болты корпусов подшипников верхнего вальца, поворачивают корпуса подшипников в проемах боковин; верхний валец снимают и освобождают от подшипников;

- снимают фибровые накладки, нижние вставки, крышки корпусов подвижных подшипников, отпускают гайки и освобождают разрезную конусную втулку роликового подшипника;

- отпускают гайки буферной пружины и освобождают лапки корпусов подвижных подшипников;

- снимают подвижные подшипники с цапф боковин и цапф вальцов.

Новые вальцы устанавливают в обратной последовательности (рис. 3.5.3).



1



2



3



4

Рис.3.5.3. Укрупненные этапы разборки вальцового станка

Вынимать вальцы из станка или устанавливать их в станки, а также перетаскивать без специальных талей, крановых тележек и других приспособлений запрещается.

Твёрдость вальцов определяют по методу Шора. Твёрдость слоя (глубина не менее 10 мм) отбеленного чугуна для вальцов типа Р должна быть от 55 до 60 единиц по Шору, а для вальцов типа Г – от 45 до 55 единиц.

Для рабочего слоя двухслойного вальца применяют хромоникелевый чугун (содержание хрома 0,5% и никеля до 2,5%) и высокохромистый чугун (содержание хрома 14–18%). В этом случае износостойчивость по сравнению со стандартными вальцами увеличивается соответственно в 2,7 и 2,5 раза, а твердость повышается на 2,4 единицы по Шору.

К точности изготовления вальца предъявляются высокие требования.

Биение бочки вальца относительно горизонтальной оси допустимо до 0,02 мм. Шероховатость поверхности окончательно обработанного вальца должна быть не ниже 4-го класса, а опорных шеек – не ниже 6-го класса.

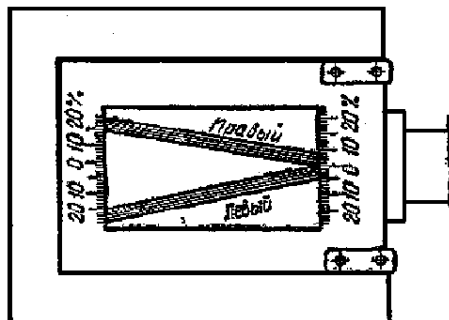
Изношенные рифли удаляют шлифованием. Новые рифли заданного уклона и заданной плотности наносят как на предварительно отшлифованную поверхность.

Наблюдаются такие погрешности формы и положения поверхности вальца при шлифовании: отклонения формы в поперечных сечениях (овальность, огранность); отклонения формы в продольном сечении (конусообразность, бочкообразность, седлообразность); несоосность.

Погрешности формы проявляются в виде радиального и торцового биения.

Профиль рифлей следует контролировать как при обработке вальцов, так и в процессе эксплуатации. Создан портативный щуповой профилограф для записи профиля рифлей в натуральную величину. Оценку геометрии рифлей в проводят также методом слепков, используя пластилин. Слепок получают при заливке быстротвердеющей пластмассой (например, стиракрилом) резиновой формочки размером 18x18 мм, установленной на выбранном участке рифленого вальца. После отверждения в течение 10–15 мин. слепок извлекают из формочки, проводят линейные и угловые измерения посредством инструментального микроскопа.

Продольный уклон рифлей можно определить при помощи шаблона (рис. 3.5.4). Шаблон представляет собой прямоугольную рамку с двумя упорами. На двух противоположных сторонах рамки имеются шкалы с делениями, указывающими уклон рифлей в процентах. Шаблон накладывают на





## Название дисциплины

рифленую поверхность вальца так, чтобы своими упорами он плотно прилегал к торцу бочки. Выбрав любую рифлю, которая проходит через нулевую отметку шкалы, карандашом или провололочкой проводят по впадине до противоположной шкалы и читают показание.

При шлифовании вальцов во избежание поломок шлифовальных кругов от ударов необходимо следить за тем, чтобы перебег круга за пределы шлифуемой поверхности был не больше половины его ширины.

При подборе шлифовальных кругов необходимо обращать внимание на предел их безопасной окружной рабочей скорости, который указан в маркировке круга.

Межвальцовая шестеренная передача чаще всего нарушает нормальную работу станков из-за износа или поломки зубьев, что может быть в результате неправильного подбора шестерен, неплотной их посадки или перекоса, а также из-за ослабления шпонки или отсутствия смазки. Ослабление шпонки приводит к осевому смещению шестерен, которые, упираясь в стенку кожуха, протирают ее. Изношенные шестерни заменяют новыми.

При подборе новых шестерен надо следить за тем, чтобы в прижатом положении вальцов вершины зубьев одной шестерни не упирались в дно впадин другой. Перед закреплением шестерни на шпонку ее необходимо прокрутить вручную.

В гидроавтомате чаще всего изнашиваются шестерни, подшипники, прокладки, валики шестеренчатого насоса и валик-золотник.

Причинами выхода из строя являются неправильная эксплуатация, а также утечка масла. Из-за неплотности крышки гидроавтомата загрязняется масло, что приводит к закупорке каналов и нарушению взаимодействия всех узлов автомата.

Изношенные детали при ремонте заменяют. При замене валика-золотника новый валик притирают ко втулке.

Корпус гидроавтомата заливают веретенным маслом или машинным маслом, очищенным от золы, кислоты и т. д. Масло заливают до верхнего уровня указательной штанги.

Профилактический осмотр автомата следует проводить два раза в год. В это время разбирают распределительное устройство, насос и исполнительные поршни, вскрывают пробки в каналах, подводящих масло, очищают каналы от наслоений.

Ремонт поплавка питающего механизма заключается в тщательной его очистке от налипшего продукта, замене изношенных перьев или всего поплавка. Тщательно очищают и

Название дисциплины

при необходимости заменяют все шарнирные соединения, добиваясь легкости их работы без заеданий.

Комплексным показателем оценки работы вальцовых станков на мельнице является выход готовой муки и ее качество. Снижение выхода или качества муки должно немедленно устраняться выравнением режимов измельчения, своевременным обслуживанием и ремонтом этих машин.

3.5.2. Вымольные машины

Как видно из технологических схем размольно-сепарирующего отделения, после размольных станков для облегчения работы рассевов ставят вымольные машины или виброцентрифугалы.

Вымольная машина предназначена для отделения частиц эндосперма от оболочек на заключительном этапе драного процесса (рис. 3.5.5).

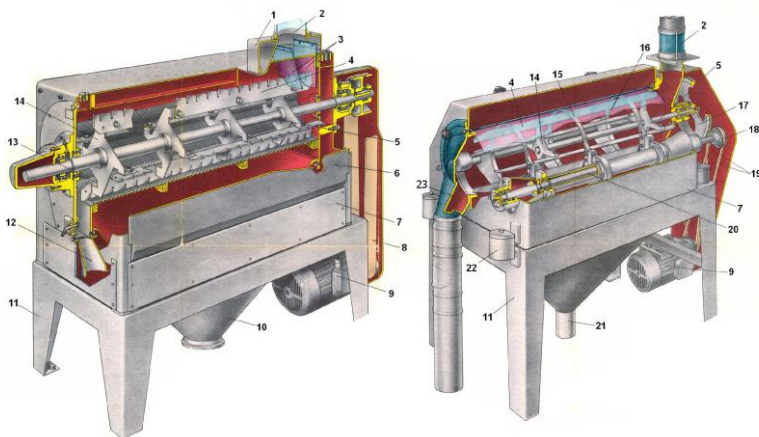


Рис. 3.5.5. Устройство и принцип действия вымольной машины и виброцентрифугала:

1 – приемная коробка; 2 – приемный патрубок; 3 – спаренные клапаны; 4 – бич ротора; 5 – вал ротора; 6 – крышка корпуса; 7 – корпус; 8 – плоскоременная передача; 9 – электродвигатель; 10 – выпускной конус для проходовой фракции; 11 – станина; 12 – выпускной патрубок для отрубей; 13 – ситовой полуцилиндр; 14 – розетка; 15 – кольцо ситового цилиндра; 16 – ситовой цилиндр; 17 – шкив бичевого ротора; 18 – шкив вибратора; 19 – клиноременная передача; 20 – вал вибратора; 21 – патрубок для выпуска муки; 22 – амортизатор;

## 23 – патрубков для выпуска сходовой фракции

Основные рабочие органы: вращающийся бичевой ротор и неподвижный ситовой полуцилиндр, сопряженный со сплошной металлической обечайкой. В результате многократных ударов бичевого ротора и интенсивного трения о сито частицы эндосперма отделяются от оболочек и просеиваются через отверстие сита (проходовая фракция).

Более крупные частицы оболочек (отруби) выводятся через патрубок (сходовая фракция). Производительность и эффективность машины регулируются положением спаренных клапанов.

Виброцентрифугал предназначен для высеивания муки из трудносыпучих промежуточных продуктов размола зерна. Основные рабочие органы: вращающийся бичевой ротор и ситовой цилиндр, приводимый в высокочастотное колебательное движение вибратором.

В результате ударного воздействия бичевого ротора из трудносыпучей смеси выделяется мука, которая просеивается через отверстие сита и выводится через выпускной конус и патрубок. Более крупные частицы выводятся сходом с сита через выпускной патрубок.

Вибрация ситового цилиндра способствует высеиванию муки и транспортированию сходовой фракции к месту выпуска.

Во время работы обслуживающий персонал должен следить за неисправностью и равномерной работой подающего механизма вымольной машины, очисткой сит (рис. 3.5.6, табл. 3.5.2). Частота и амплитуда колебаний сита должна соответствовать паспортным данным машины.



1



2



3



4

Рис. 3.5.6. Последовательность ремонта вымольной машины

Таблица 3.5.2  
Неисправности вымольных машин и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Перегрев подшипников ротора	Отсутствие смазки, неправильная установка полотна на валу ротора	Разборка и смазка подшипника с заменой уплотнений
Сильные шумы и стуки в подшипниках	Разрушение подшипника	Заменить подшипник
Попадание крупных сходовых фракций в проход	Разрыв полотна сита	Ремонт или замена полотна
Перегрев электродвигателя	Завал продукта, чрезмерное натяжение ремней	Устранить завал, прослабить ремни

Чтобы обеспечить нормальный технологический процесс и обслуживание вымольной машины, на мукомольных заводах с внутрицеховым механическим транспортом машину присоединяют к аспирационной сети. Для этого в крышке станины предусмотрено отверстие размером 90x1060 мм с фланцем. При установке вымольной машины на мукомольных заводах с пневматическим транспортом всасывающий воздуховод пневмотранспорта подсоединяют к выпускному конусу или специальному патрубку под перекрытием, на котором установлена машина.

Время нахождения исходного продукта в рабочей зоне и производительность машины регулируют поворотом оси одного из спаренных клапанов приемной камеры. При этом изменяется время пребывания продукта в рабочей зоне. Это делают в том

случае, если отруби слишком сухие и мука, выходящая из машины, имеет темный цвет или, наоборот, если отруби и мучнистые частицы слишком светлые.

Во время работы машины возможно выделение пыли из рабочей камеры в помещение из-за нарушения уплотнения дверок или лючка, нарушения аспирационного режима. Необходимо отремонтировать или заменить уплотнение, отрегулировать аспирационный режим.

Аспирационные камеры машины не должны иметь щелей и неплотностей, а воздушный режим следует установить таким образом, чтобы эффективно удалялись легкие частицы. Клапаны должны обеспечивать полную герметичность и непрерывность выпуска из камер отхода.

Машину необходимо запускать в работу на холостом режиме. После достижения стабильных оборотов регулировочные клапаны открывают на отметке, обеспечивающей скорость воздушного потока.

### 3.5.3. Рассевы и бураты

В размольном отделении второй по значимости (после измельчителей) машиной является рассев и она установлена после вымольных машин. Основная ее задача – разделение продуктов размола на основе геометрических размеров по фракциям (крупки, дунсты, мука, оболочка).

Рассевы выпускаются двух модификаций (рис. 3.5.7):

- шестиприемный – для сортирования продуктов измельчения зерна;
- четырехприемный – для контроля муки.

Название дисциплины

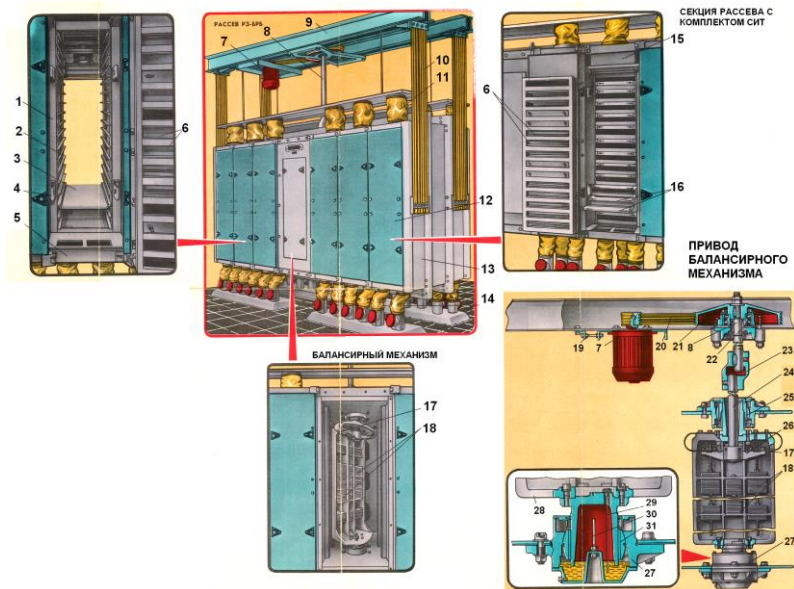


Рис. 3.5.7. Устройство и принцип действия рассева шкафного типа:

1 – каркас; 2 – направляющая для ситовых рам; 3 – поддон; 4 – скоба; 5 – основание корпуса; 6 – перепускные каналы; 7 – электродвигатель; 8 – приводной вал; 9 – потолочная рама; 10 – гибкие подвески; 11 – приемный рукав; 12 – дверь; 13 – корпус; 14 – выпускной рукав; 15 – приемная коробка; 16 – ситовые рамы; 17 – пружина; 18 – грузы-дебалансы; 19 – натяжное устройство; 20 – клиноременная передача; 21 – приводной шкив; 22 – роликовый подшипник; 23 – эксцентриковая муфта; 24 – вал балансирующего механизма; 25, 31 – подшипники скольжения; 26 – поводок; 27 – корпус нижнего подшипника; 28 – корпус балансира; 29 – уровнемер; 30 – трубка для выравнивания давления

Основные узлы рассевов: корпус с двумя каркасами, двери, ситовые рамы; приемные и выпускные устройства, балансирующий механизм с приводом.

В корпусе смонтировано два каркаса, между которыми установлен балансирующий механизм. Каждый каркас состоит из вертикальных стен, образующих остов двух-трех секций. Каждая секция закрывается с обеих сторон дверями с каналами для передачи сходовых фракций с одних сит на другие в соответствии с технологической схемой рассева.

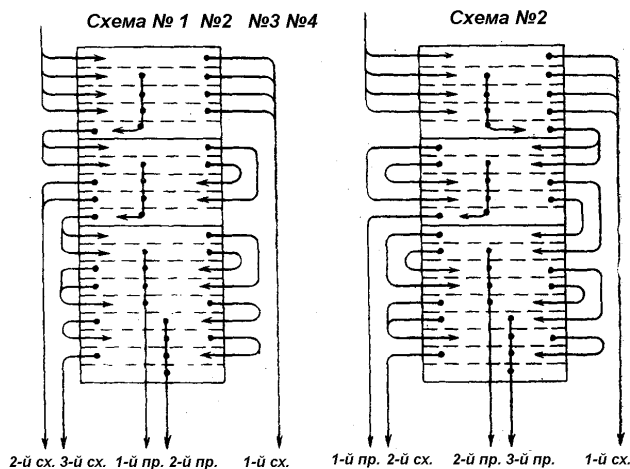
Название дисциплины

Основной рабочий орган рассевов – ситовая рама, состоящая из деревянного каркаса, рабочего сита и металлочанной сетки с движущимися инерционными очистителями.

В каждой секции установлены выдвижные ситовые рамы (22 шт). Поддоны предназначены для сбора и транспортирования проходов сит на другие рамы в соответствии с технологической схемой размольного отделения.

Привод рассева передает вращательное движение от электродвигателя валу балансирующего механизма через эксцентриковую муфту. Электродвигатель смонтирован на потолочной раме и связан клиноременной передачей со шкивом балансирующего механизма. Привод предназначен для создания колебательного движения сит в горизонтальной плоскости.

Материальные потоки в рассевах могут быть организованы по двадцать одной технологической схеме, по структуре они условно разделены на четыре типа (рис. 3.5.8).



Название дисциплины

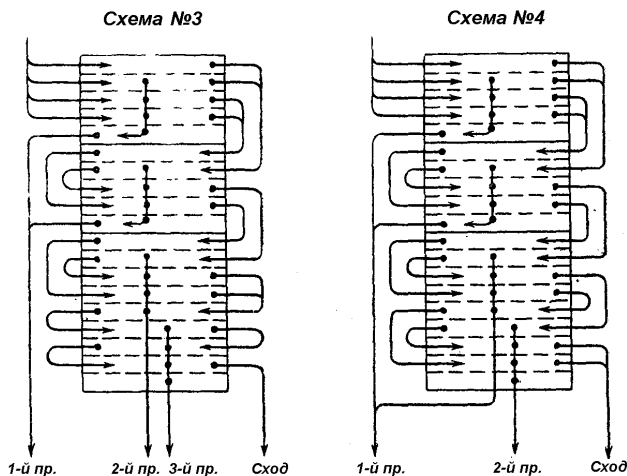


Рис. 3.5.8. Технологические схемы рассевов

Технологические схемы II типа включают три группы сит, на которых получают две сходовые и две проходные фракции.

Технологические схемы III типа содержат две группы сит и предназначены для получения двух проходных и сходовой фракций.

Поддержание рассевов в работоспособном состоянии – важная задача, поскольку от этого зависит качество функционирования отделения. Рассев – машина довольно капризная. Возможные их неисправности приведены в табл. 3.5.3.

Таблица 3.5.3

Характерные неисправности рассевов и способы их устранения

Неисправность 1	Причина 2	Способ устранения 3
Срезаются болты крепления траверсы с главной рамой	Несоосны отверстия в угольниках траверсы и швеллерах главной рамы	Расширить отверстия разверткой в сборе траверсы и рамы. Поставить новые болты
	Неодинаковая и чрезмерная затяжка установочных винтов, фиксирующих положение кузовов в раме	Выверить положение кузовов в раме и зафиксировать равномерной затяжкой установочных винтов



## Название дисциплины

	Различная затяжка болтов	Затянуть болты предельным ключом
--	--------------------------	----------------------------------

Окончание табл. 3.5.3

1	2	3
Ломается откидной угольник	Ось отверстий в швеллере не параллельна опорным плоскостям откидного угольника	Проверить высоту опорных плоскостей откидного угольника и добиться полного прилегания их к угольникам ситовых кузовов
	Чрезмерная и неодинаковая затяжка крайних стяжек	Затянуть крайние стяжки предельным ключом
Появление трещин и выход траверсы из строя раньше гарантийного срока	Работа на нагрузках, превышающих паспортные, и со скоростью вращения веретена свыше 210 об/мин	Выдержать нагрузку, указанную в паспорте. Скорость вращения веретена не должна превышать 210 об/мин
	Чрезмерная и неодинаковая затяжка внутренних стяжек и установочных винтов, что вызывает прогиб траверсы и преждевременное ее разрушение	Затянуть установочные винты главной рамы предельным ключом с последующей выверкой положения ситовых кузовов
Вышел из строя упорный подшипник центральной подвески	Износ подшипника сепаратора	Заменить упорный подшипник
Биение веретена и вибрация всего приводного механизма	Ослабло крепление подвески	Выверить центр подвески с центром траверсы и сделать выверку горизонтальности рамы рассева

## Название дисциплины

Поломка швеллерных балок	Ослабли или неравномерно затянуты болты крепления траверсы, а также крепления кузовов к раме рассева	Заменить швеллерную балку. Проверить все крепления
	Подпор кузова рассева продуктом	Подтянуть болты, очистить кузов от завала
Отключение электродвигателя	Сработал тепловой предохранитель в связи с перегрузкой	Отрегулировать загрузку
Наличие в верхних сходах большого количества недосева	Работа на нагрузках, превышающих паспортные. Неравномерная загрузка приемных рам продуктом	Отрегулировать поступление продукта задвижками в самотечных трубах
	Износ щеток или работают не все щетки. Велики обороты приводного механизма	Заменить изношенные щетки. Отрегулировать движение щеток по направляющим. Проверить обороты шкива электродвигателя тахометром, в случае необходимости проточить шкив
В основной продукт попадают частицы из другой фракции	Порыв сит	Остановить рассев, подклеить или заменить сита
Пыление рассева. Частичная закупорка каналов	Плохая работа аспирации	Отрегулировать скорость воздуха заслонками. Очистить аспирационный канал в питающей коробке

В процессе ремонта все изношенные части в основном заменяют новыми, погнутые направляющие для щеток выправляют.

В приводном механизме чаще всего изнашиваются верхний и нижний подшипниковые узлы. Разбирать верхний подшипниковый узел следует только после снятия приводного шкива и веретена. Масло, находящееся в чугунной ванне, сливают. Чугунные кронштейны, в которых закреплен верхний узел, снимают только в случае крайней необходимости.

При сборке узла надо строго соблюдать его соосность с

Название дисциплины

траверсой. Для этого изготавливают два фанерных диска, один по диаметру коробки верхнего подшипника, другой по диаметру расточки траверсы. На дисках отмечают центра, соосность центров проверяют отвесом, опускаемым через центр верхнего диска.

В нижнем подшипниковом узле может выйти из строя роликовый подшипник, а из-за неплотной посадки происходит сдвиг грузов баланса. При значительной выработке отверстия в траверсе ее подшипник заменяют.

Тросы, на которых подвешивают раму отсева, не ремонтируют, а при появлении до 10% оборванных нитей их заменяют.

Центробежные бураты (центрофугалы) применяют на мельницах и крупозаводах для разделения промежуточных продуктов по крупности.

По сути дела, центробежный бурат – это рассев с цилиндрическими или барабанными ситами.

Основными рабочими органами центробежного бурата (рис. 3.5.9) являются станина 3, медленно вращающийся ситовой цилиндр 7, вращающийся бичевой барабан 6. Деревянный шкаф имеет открывающиеся люки 2.

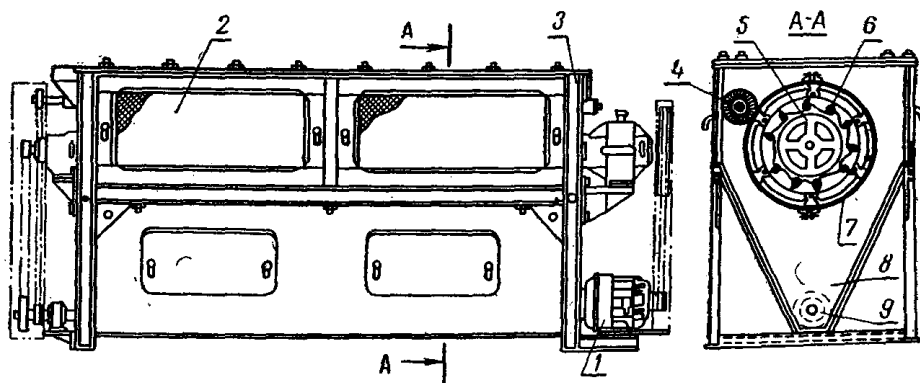


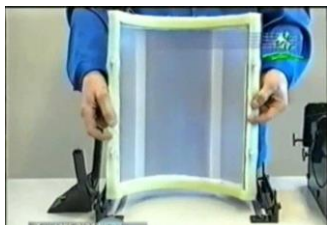
Рис. 3.5.9. Центробежный бурат:

1 – электродвигатель; 2 – люк; 3 – станина; 4 – цилиндрическая щетка; 5 – чугунная розетка;

6 – бичевой барабан; 7 – ситовой цилиндр; 8 – сборник; 9 – шнек

Продукт поступает в приемный патрубков, подхватывается

бичами и отбрасывается на ситовую поверхность. Продвигаясь вдоль сита, мелкие частицы просеиваются и выводятся шнеком из машины. Конструкция машины позволяет устанавливать по длине два различных сита. В этом случае проходом будут получены два продукта; для их самостоятельного вывода витки шнека устанавливаются так, чтобы проход выводился в обе стороны машины. Непросеянный продукт выводится из ситового цилиндра сходом.



1



2



3



4

Рис. 3.5.10. Фрагменты ремонта ситового полотна бурата  
Центробежные бураты используют, как правило, для просеивания продуктов с вымольных систем.

При эксплуатации следует соблюдать установленные нагрузки, не допускать подпора машины выходящим продуктом. Нарушение этих условий может привести к завалу. Освободить машину от скопившегося продукта сложно, и часто это требует нарушения целостности ситового цилиндра.

Требования к технологическому контролю аналогичны требованиям, предъявляемым к другим просеивающим машинам, и во многом предопределяются технологической схемой работы центробежного бурата. Периодически необходимо контролировать работу щеток.

При непрерывной работе через каждые 10–15 дней машину останавливают для профилактического осмотра.

Широкое использование центробежных буратов сдерживается их низкой производительностью и большими

габаритными размерами. В основном их применяют на модульных мельницах небольшой производительности.

При ремонте бурата надо периодически следить за состоянием ситового цилиндра, не повреждать его, не реже одного раза в смену очищать поверхность сита жесткой щеткой (рис. 3.5.10). При прорыве полотна сита вышедшую из строя секцию ремонтируют. Остальные требования к обслуживанию и ремонту бурата аналогичны таким же для рассева.

### **3.5.4. Ситовечные машины**

При рассмотрении строения зерна было отмечено, что наружная часть ядра (эндосперма) имеет большее содержание белка, чем внутренняя. При этом оказалось, что плотность частичек с высоким содержанием белка выше, чем частичек из середины ядра. На этом принципе и был построен процесс разделения продуктов размола по плотности с целью получения муки с повышенным содержанием белка.

Такой процесс осуществляется на машинах, называемых ситовейками.

Сортирование продуктов измельчения зерна (крупок и дунстов) по добротности (плотности) в ситовечных машинах осуществляется на колеблющихся ситах в условиях аэрации восходящим потоком воздуха.

При совместном воздействии потока воздуха и колебаний ситового корпуса происходит расслоение (самосортирование) разнородных компонентов смеси. Более тяжелые частицы, с большим содержанием белка опускаются вниз к ситам и просеиваются. Более легкие (сростки эндосперма с оболочками) – попадают в верхний слой и, не успев просеяться, сходят с сита. Самые легкие частицы оболочек уносятся потоком воздуха. В результате сортирования и обогащения продукта с каждого ситового корпуса получают 2–3 сходовые и 2–4 проходные фракции.

Коэффициент полезного действия ситовечных машин низкий (не превышает 20%). Это объясняется прежде всего размерами отверстий в ситах.

Из фрагмента, представленного на рис. 3.5.11 (см. «мелкая крупка»), видно максимальный номер используемых сит 210. Это означает, что на 1 см длины приходится 210 отверстий. Изготовить такое сито сложно, а эксплуатировать еще сложнее!

Ситовечная машина, подготовленная к эксплуатации, должна быть укомплектована рамами с ситами, соответствующими крупности и качеству обогащаемых крупок. Рамы должны сво-

бодно и плотно входить в направляющие пазы, без перекосов и щелей.

Щетки должны беспрепятственно перемещаться в ситовых рамах. Для этого перед установкой необходимо проверить и при наличии устранить задиры и неровности на внутренних и наружных кромках. Решетчатый металлический поддон не должен иметь неровностей и заусениц, мешающих движению щеток. Если необходимо, волос щетки можно подстричь. Однако следует иметь в виду, что излишнее его укорачивание приведет к снижению эффективности очистки сит.

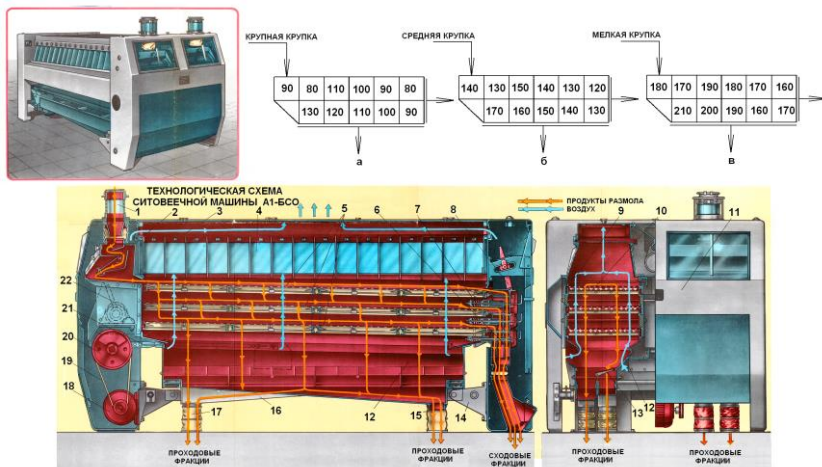


Рис. 3.5.11. Устройство и принцип действия ситовоечной машины А1-БСО:

1 – приемный патрубкок; 2 – питающее устройство; 3 – аспирационный клапан; 4 – секция аспирационной камеры; 5 – ситовые рамы; 6 – камера сходов; 7 – зажим ситового яруса; 8 – задняя подвеска; 9 – ситовой корпус; 10 – щетка-очиститель; 11 – станина; 12 – корпус-сборник; 13 – перекидной клапан; 14 – опора корпуса-сборника; 15, 17 – патрубки для проходов; 16 – лоток для прохода; 18 – электродвигатель; 19 – плоскоременная передача; 20 – шкив с дебалансом; 21 – шатун; 22 – передняя подвеска

Перед пуском машины надо убедиться, что зазор между передней стенкой питателя и скатом ситового кузова по всей длине одинаков, поплавковые питатели свободно поворачиваются вокруг опорной оси, а механизм для регулирования аспирационного

Название дисциплины

режима в каждой секции работает надежно, и им легко управлять. Проверяют также правильность установки желобковых рам; сборные лотки должны иметь наклон к выходным патрубкам. Необходимо обеспечить зажим упоров ситовых и желобковых рам. Наличие зазоров и слабины между рамами недопустимы.

Не допускается перекося ситового кузова. В машине, установленной по уровню, подвески по длине должны быть попарно равны и не должны иметь изгибов.

После включения машины необходимо убедиться, что она работает уравновешенно, без стука и вибрации, щетки перемещаются без остановок.

Во время работы ситовечной машины следует контролировать равномерность подачи крупки по ширине всех ситовых рам, эффективность работы щеток, аспирационный режим в каждой секции, а также не допускать забивания желобков мукой. Для лучшего наблюдения за работой машины смотровые стекла следует периодически очищать.

Поверхность сита должна быть постоянно заполнена продуктом. Если оголена какая-либо часть сита, нарушается воздушный режим работы всей машины, так как большая часть воздуха будет проходить через эти места. Полная загрузка всего сита достигается изменением его уклона. Для этого регулируют длину подвесок кузова.

Эффективность работы ситовечной машины во многом зависит от правильного подбора нумерации сит и качественного их натяжения на рамах. Во время работы при изменении помольной смеси (а следовательно, и при изменении режимов увлажнения, измельчения и т. д.) может возникнуть необходимость срочной замены ситовых рам. Поэтому недалеко от места расположения машины должны быть оборудованы стеллажи (или шкафы) с запасом готовых рам с различной нумерацией сит.

Во время ремонта необходимо проверить положение кронштейнов, установить их строго по шаблону, тщательно прикрепить их к кузову, смещенную обойму строго установить по отношению к валу и оси (табл. 3.5.4). Все болтовые и шпоночные соединения проверяют и правильно закрепляют. Нормально работающий эксцентриковый колебатель должен легко проворачиваться от руки.

Таблица 3.5.4

Характерные неисправности ситовечных машин и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
---------------	---------	-------------------

## Название дисциплины

Провисание сит	Неправильное прикреплениe полотна к рамкам, не работает натяжное устройство	Крепить сита в соответствии с инструкцией. Отрегулировать работу натяжного механизма
Перегрев подшипников эксцентрикового колебателя	Загрязнение, отсутствие смазки Перенос эксцентрикового вала относительно обоймы	Проверить подшипники, устранить перекос
Накапливание продукта в питателе	Неправильная установка питателя	Установить питатель в положение, при котором он двумя крайними точками будет касаться ската, опустить скобу вниз для получения равномерной подачи
Вибрация всей машины	Ослабление крепления эксцентрикового питателя, перенос станины	Проверит крепление питателя. Выставить машину по уровню
Неравномерная толщина слоя крупок по ширине сита	Неправильно работает питатель, перекошены подвески сит, неравномерная подача воздуха на сита	Отрегулировать питатель, отрегулировать подвески, замерить равномерность воздушного потока
Нарушение герметизации аспирационной камеры	Износ боковин камеры, износ осей подвесок ситового корпуса, заклинивание шарнирных соединений аспирационных камер	Произвести уплотнение раструбов и смотровых люков корпуса. Произвести наклеп на боковины питателя колодки из пластмассы. Снять ржавчину с шарнирных соединений

Для смазки подшипников эксцентрикового колебателя и подвесок ситового кузова применяют консталин, ревизию подшипников проводят один раз в два месяца.

### 3.5.5. Системы внутрицехового транспорта

Технологический процесс подготовки и переработки зерна на мельницах строится по поточному методу. В этом случае зерно и все промежуточные продукты перемещаются при помощи развитой сети внутрицехового транспорта без непосредственного



участия рабочих.

В связи с этим от четкой бесперебойной работы всех звеньев внутрицехового транспорта в большой степени зависят показатели работы предприятия в целом. Поэтому эксплуатация транспортного оборудования должна постоянно находиться в поле зрения обслуживающего персонала наряду с технологическим оборудованием.

Размещение технологического оборудования зерноперерабатывающих предприятий на нескольких этажах производственного помещения вынуждает проводить перемещение продуктов в трех направлениях: сверху вниз, снизу вверх и по горизонтали.

В состав внутрицехового транспортного оборудования входят:

- самотечные трубы – для перемещения сверху вниз;
- нории и пневмотранспортные установки – для перемещения снизу вверх;
- ленточные транспортеры и винтовые транспортеры – для перемещения по горизонтали.

Для обеспечения бесперебойной работы и равномерного хода производственного процесса, ликвидации простоев из-за неисправностей, поломок и аварий транспортного оборудования обслуживающий персонал должен хорошо знать его устройство и условия, необходимые для нормальной работы, уметь своевременно выявлять неисправности в этом оборудовании и устранять их.

Самотечные трубы. Назначение самотечных труб на зерноперерабатывающих предприятиях – транспортирование продуктов сверху вниз под действием собственной массы (гравитационный транспорт), с одной машины на другую.

Самотечные трубы, как правило, изготавливают круглого сечения из черной (для зерна) или оцинкованной листовой стали. На мельницах, не имеющих отопления, рекомендуется трубы, идущие из-под вальцовых станков, делать прямоугольной формы из дерева.

Самотечные трубы на этажах предприятия устанавливают наклонно.

Минимальные углы наклона зависят от вида транспортируемого продукта (табл. 3.5.5).

Таблица 3.5.5

Минимальные углы наклона самотечных труб круглого сечения

## Название дисциплины

Продукт	Наклон, град
Пшеница, рожь	32
Мука:	
сортовая	42-45
обойная	44-47
Крупка	32-37
Сходовые продукты драных систем	35-43
Отруби	37-42
Просо	28
Овес	30
Крупа овсяная	27-30
Отруби кукурузные	36
Кукурузная мука	40

Производительность самотечной трубы зависит от материала, из которого она изготовлена, и угла наклона. Однако устанавливать слишком большие углы наклона не рекомендуется, так как это увеличивает скорость движения продукта и приводит к пылеобразованию и травмированию зерна.

Диаметры самотечных труб в зависимости от производительности предприятия принимают 125–140 мм.

Для расчета общей длины самотечных труб мельницы можно руководствоваться следующими ориентировочными данными (из расчета на 1 т суточной производительности):

Помол	Количество, м
Многосортный	20
Односортный	10
Обойный	6

При эксплуатации самотечных труб необходимо выполнять следующие требования (рис. 3.5.12):

- соединительные швы должны быть плотными и не должны пропускать пыли при движении по ним продукта;
- по длине трубы должны быть прочными и должны обеспечивать достаточную их устойчивость во время работы;
- при установке труб не допускать расположение их шва внизу, так как это будет мешать движению продукта;
- в самотечной трубе на каждом этаже должен быть предусмотрен люк с плотно закрывающейся крышкой; расстояние от пола до люка должно быть таким, чтобы им было удобно пользоваться; дверки люков должны быть постоянно закрыты; кроме

## Название дисциплины

того, люком с крышками обеспечивают все участки самотечных труб, связанных с машиной; расстояние от приемного патрубка машины до люка принимают не менее 100 мм;

- на каждой приемной коробке машины под подводящей самотечной трубой устанавливают задвижки для прекращения в случае надобности подачи продукта в эту машину;

- изношенные участки трубы подлежат или немедленному ремонту, или замене; обматывать такие участки тряпками не разрешается;

- ударять по самотечным трубам какими-либо предметами (щетками, палками и др.) не разрешается, так как это приводит к деформации их поверхности, образованию вмятин, что ухудшает движение продукта, а также нарушает внешний вид;

- отдельные участки самотечных труб, в которых в силу неблагоприятных условий их работы заливает перемещающийся продукт, необходимо систематически очищать;

- при установке труб нельзя допускать беспорядочного их размещения; трубы не должны пересекать проходов, что создает затруднения для перемещения;

- для удобства пользования рекомендуется на самотечных трубах (по этажам) делать надписи, показывающие, какой продукт идет по ним, с какой машины и куда он направляется;

- самотечные трубы, в работе которых отпала необходимость, не следует оставлять на своих местах, так как они будут мешать обслуживающему персоналу, а кроме того, они могут быть местом размножения вредителей.





Рис. 3.5.12. Размещение самотечных труб на верхнем этаже здания мельницы

**Нории**, или ленточные ковшовые транспортеры, широко применяют на зерноперерабатывающих предприятиях для вертикального перемещения сыпучих грузов (рис. 3.5.13).

Верхний барабан приводится в движение плоскоременной передачей от трансмиссии или от индивидуального электродвигателя через редуктор.

Производительность норий зависит от размеров ковша, количества их на 1 м ленты и ее скорости, которую обычно принимают для зерна и близких к нему продуктов 1,2–1,5 м/с, а для мелких и мягких продуктов – 0,8–1 м/с.

Существуют два способа загрузки норий: против движения ленты и по ее движению. Более целесообразно подавать продукт против движения ленты, т. е. навстречу движению ковшей. В этом случае они лучше заполняются и их сопротивление при загрузке меньше. Но для этого поток продукта, выходящий из приемного носка, должен встретить ленту с ковшами в вертикальном их положении. Поэтому приемный носок в башмаке должен быть расположен так, чтобы нижняя линия его примыкания к стенке башмака была на уровне или несколько выше горизонтальной оси барабана. Для этого при установке башмака расположенный выше приемный носок должен находиться со стороны восходящей ветви ленты.

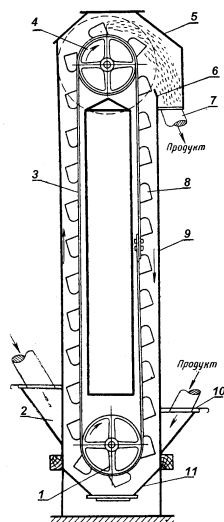
Для удобства расчистки завалов нории необходимо так устанавливать ее башмак, чтобы от его нижней кромки до уровня

пола оставалось не менее 150 мм.

Норийную трубу изготавливают прямоугольного сечения из стали толщиной 1–2 мм. Ее размеры должны обеспечивать свободное движение ленты с ковшами. Размеры поперечного сечения трубы должны быть 1,15–1,3 от ширины ковша и 1,6–2,2 от его вылета.

Трубы выпускают звеньями длиной 1,4–2,0 м. Фланцы на концах труб должны обеспечивать надежное и плотное соединение их между собой, а также с головкой и башмаком.

В отдельных звеньях труб устраиваются смотровые люки. Кроме того, одно звено делают разъемным, оно предназначено для проведения работ по натяжке и сшиванию ленты и для замены ковшей. Все люки во время работы должны быть плотно закрыты и не должны пропускать пыли.



а)

б)

в)

Рис. 3.5.13. Нории:

## Название дисциплины

а – схема нории: 1 – нижний барабан; 2 – приемный носок; 3 – лента с ковшами; 4 – верхний барабан; 5 – головка нории; 6 – козырек; 7 – выпускной патрубок; 8 – ковш; 9 – норийная труба; 14 – задвижка; 11 – башмак нории; б, в – общий вид нории

Ниже приводятся основные виды неисправностей, которые могут быть в процессе эксплуатации норий (табл. 3.5.6).

Таблица 3.5.6

Характерные неисправности нории и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Обратное высыпание зерна	Повреждение ковшей, увеличение зазора между кромками ковшей и козырьком. Изменение частоты вращения верхнего барабана	Заменить поломанные ковши, отрегулировать положение козырька, отрегулировать обороты
Разрыв ленты в месте стыка	Чрезмерное натяжение ленты	Ослабить натяжение, ленту перешить
Стук при работе нории	Сбегание ленты на сторону, перекоп барабана	Отрегулировать работу барабана, при необходимости проверить подшипники
Снижение производительности, трение ленты о кожуи, разрушение ковшей с попаданием в поток зерна	Повреждение всей ленты	Ремонт ленты или ее замена новой

Особое внимание во время ремонта нории уделяют ленте с ковшами. Ленту осматривают через натяжной люк или через верхнюю часть головки нории.

Подлежащие замене небольшие участки ленты ремонтируют без ее выемки через натяжной люк, используя для этого специальную машинку.

Ленту в норийных трубах заменяют в такой последовательности:

- снимают крышку натяжного люка;
- поворачивают вручную ленту до тех пор, пока место ее сшивки не окажется около натяжного люка;
- закрепляют натяжную машинку на ленте по обе стороны сшивки, после чего ленту расшивают;

Название дисциплины

- привязывают к нижнему концу ленты длинную веревку, а верхний конец закрепляют веревкой к балке или колонне;
- снимают натяжную машинку;
- ослабляют натяжной механизм;
- один рабочий начинает выбирать через натяжной люк верхний конец ленты, а в это время второй рабочий постепенно стравливает находящуюся у него в руках привязанную к ленте веревку.

Особое внимание должно быть уделено этой операции, когда уже часть ленты из трубы будет вынута. Надо следить за тем, чтобы невынутая часть под своей тяжестью не начала быстро падать вниз через барабан головки.

Новую ленту устанавливают в таком порядке:

- доставляют подготовленную к установке ленту с набранными на ней ковшами к головке нории;
- перебрасывают ленту через барабан; сначала один ее конец, а затем другой постепенно опускают в норийную трубу до самого низа;
- когда оба конца ленты будут заправлены, их внизу в башмаке соединяют болтом и вручную проворачивают до выхода соединительной части к натяжному люку;
- когда стык подойдет к люку, ленту натяжной машиной натягивают, обрезают ее излишки, размечают и пробивают отверстия, а концы соединяют болтами внакладку или встык на уголках.

Для правильной сшивки ленты ее концы надо обрезать строго по угольнику.

При сбегании ленты с барабана устанавливают стальные подкладки под подшипник той стороны, куда она сбегает.

Для смазки подшипников скольжения головки и башмака нории применяют машинное масло. Доливают смазку один раз в сутки. Для смазки шариковых подшипников головки и башмака применяют консталин; зарядка один раз в три месяца.

Ленточные транспортеры являются наиболее совершенным транспортным механизмом для горизонтального перемещения сыпучих грузов и грузов в таре. Кроме перемещения по горизонтали, ленточные транспортеры могут транспортировать грузы под некоторым углом вверх, который принимают для зерна 15–20°, а для тарных грузов–17° (без специальных накладок на ленте) и до 40° (с накладками).

Схематично ленточный транспортер в наиболее простом исполнении показан на

рис. 3.5.14.

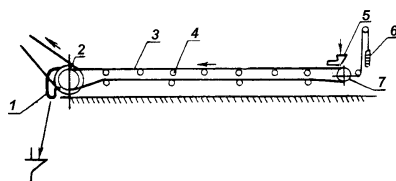
Название дисциплины

Он состоит из бесконечной длинной ленты 3, натянутой на два барабана 2, 7. Верхнюю ветвь ленты называют рабочей, так как по ней перемещаются грузы, а нижнюю – холостой. Как верхняя, так и нижняя ветви ленты поддерживаются роликами 4.

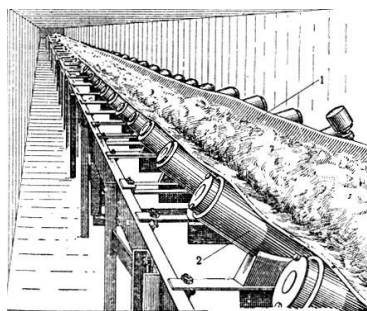
Для загрузки ленты сыпучим продуктом предусмотрено специальное загрузочное устройство 5, а для удаления продукта – разгрузочное устройство 1.

Все части ленточного транспортера монтируют на деревянной или металлической станине.

По форме поперечного сечения рабочей ветви ленточные транспортеры можно разделить на две группы: с желобчатой или плоской лентой. Желобчатую ленту в основном используют для перемещения сыпучих грузов, а плоскую – для грузов в таре.



а)



б)

Рис. 3.5.14. Схема (а) и общий вид ленточного транспортера (б):

- 1 – разгрузочное устройство; 2, 7 – барабаны; 3 – лента; 4 – ролик;
- 5 – разгрузочное устройство; 6 – натяжное устройство

На зерноперерабатывающих предприятиях желобчатые ленты применяют для передачи зерна из зернохранилища (элеватор, склад) в зерноочистительное отделение мельницы и крупозавода, а плоские – для передачи готовой продукции в склад.

Лента транспортера для грузов в таре движется по гладкому деревянному настилу, который поддерживает рабочую ее ветвь вместо роликов. При большом наклоне транспортера (до 40°) на поверхности ленты укрепляют накладки – полоски прорезиненной ленты. С боков деревянного настила по всей длине ра-



Название дисциплины

бочей части устанавливают борта с поворотными разгрузочными щитками. При изготовлении деревянного настила необходимо укладывать в него доски с направлением их волокон по ходу движения ленты. Скорость перемещения ленты (м/с) принимают в пределах:

для зерна .....	2,5 – 4,5
для тарных грузов .....	0,6 – 1,2

Приводное устройство ленты состоит из барабана, приводящегося во вращение от электродвигателя через редуктор или ременную передачу. Поверхность обода барабана делают выпуклой.

Во избежание резкого перегиба ленты и ее порчи размеры барабана выбирают в зависимости от толщины ленты или числа прокладок. Для прорезиненных лент наименьший диаметр барабана  $D$  (мм) определяют по формуле

$$D \geq 125z,$$

где  $z$  – число прокладок ленты.

Ширина барабана должна быть на 100 мм больше ширины ленты. Частоту вращения барабана определяют в зависимости от заданной скорости движения ленты.

Натяжное устройство служит для натяжения конца ленты, сбегающей с приводного барабана. Натяжные устройства бывают двух видов: винтовое и грузовое (на рис. 3.5.14 показано грузовое устройство). Винтовые натяжные устройства компактны, и их применяют в основном для лент длиной до 30 м. Однако натяжение ленты этим устройством будет непостоянным, так как при вытягивании ленты или изменении атмосферных условий натяжение ленты меняется. При грузовом устройстве натяжение ленты будет постоянным, но для перемещения груза должна быть определенная высота.

Грузы натяжных станций должны быть ограждены на высоту не менее 2 м. Ограждение надежно прикрепляют к полу или стене. К грузам должен быть удобный подход для регулирования их массы.

У приводных и натяжных станций и поворотных барабанов устраивают ограждения, исключающие возможность попадания рукой в пространство между барабаном и набегающей лентой.

Расстояние между рабочими роликами в зависимости от ширины ленты принимают 1,5–2,0, а между холостыми – 3–4 м.

Прямые и желобчатые ролики укомплектовывают подшипниками качения. В желобчатых одноплоскостных роликовых опорах оси всех трех роликов должны находиться в одной верти-

## Название дисциплины

кальной плоскости. Смещение допускается не более чем на 2 мм.

Все вращающиеся части роликовой опоры обязательно балансируют. Биение роликов во время работы не допускается. Если ролики не отбалансированы или балансировка их проведена в недостаточной мере, то они при движении ленты не будут вращаться, что будет ускорять износ ленты (табл. 3.5.7).

Таблица 3.5.7

Характерные неисправности ленточных транспортеров и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Излишнее провисание ленты между роликовыми опорами	Недостаточное натяжение ленты, перегрузка транспортируемым продуктом	Проверить натяжение и загрузку
Сбегание ленты в сторону, трение ее о станину	Чрезмерная вытяжка ленты, неправильная установка башмаков и роликов, неправильная установка очистительных скребков	Замена или укорочение ленты, регулировка установки башмаков и роликов, замена скребков
Механические повреждения ленты, трещины.	Старение материала ленты, неправильная эксплуатация	Замена частей или всей ленты
Стуки и перегрев подшипников	Отсутствие смазки, плохая балансировка валов и шкивов	Замена смазки, замена подшипников при необходимости

Для смазки подшипников валов натяжной и приводной станций применяют жировой солидол или синтетический солидол. Наполнение через 2–3 месяца, полная замена через шесть месяцев. Шарикоподшипники роликовых опор всех типов смазывают тем же материалом и в те же сроки. Трос натяжной станции смазывают канатной мазью «ИК» через каждые шесть месяцев. Мазь нагревают до температуры 60° С.

Шнеки (винтовые транспортеры) служат на мельницах и крупозаводах для перемещения сыпучих грузов в горизонтальном направлении.

В зависимости от расположения витков на валу шнеки бывают правого или левого хода (рис. 3.5.15). Вал сплошной или пустотелый, к нему по всей длине прикреплен шнек. Витки шнека состоят из сплошной спирали или отдельных радиальных лопастей.

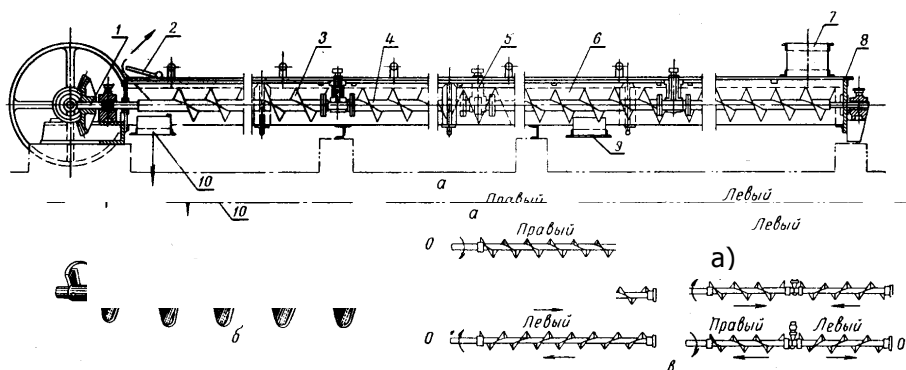


Рис. 3.5.15. Устр-е шнека:

а – схема шнека: 1 – приводное устройство; 2 – предохранительный клапан; 3 – винт; 4 – вал; 5 – подвесной подшипник; 6 – желоб; 7 – приемный патрубок; 8 – торцовая стенка; 9, 10 – выпускные патрубки; б – общий вид винта; в – схемы направления витков

Использование шнеков в качестве транспортного механизма имеет свои достоинства и недостатки.

К достоинствам может быть отнесено следующее:

- установка шнека занимает мало места; при одинаковой производительности площадь поперечного сечения шнека меньше площади поперечного сечения других транспортеров;
- количество трущихся частей и подшипников невелико, что облегчает их обслуживание;
- рабочий орган помещен в закрытом желобе, поэтому, чтобы избежать пылевыведения, достаточно присоединить этот желоб к аспирационной сети.

Недостатки шнека:

- длина транспортирования груза одной машиной ограничена до 30 м;
- для обеспечения эксплуатационной надежности машины перемещаемый ею груз должен быть по возможности однородным;
- если в транспортируемом грузе имеется много посторонних примесей, способных наматываться на вал машины, то применять шнеки нельзя; на мельницах и крупозаводах использовать их для транспортирования неочищенного зерна по этой причине не рекомендуется;
- ремонт шнеков во время эксплуатации связан с затруднениями (приходится снимать машину с места установки); поэтому при монтаже шнека нужно обеспечить возможность лег-

## Название дисциплины

кого снятия винта без демонтажа желоба;

– при работе шнеков зерно энергично перемешивается и частично подвергается обрушиванию.

Шнеки характеризуются диаметром и шагом витков; диаметр шнеков бывает от 100 до 500 мм, а шаг от 0,5 до 1,0 диаметра.

Нормальной нагрузкой считают такую, при которой продукт заполняет около 1/3 площади поперечного сечения желоба. Увеличивать нагрузку можно лить временно. При продолжительной перегрузке шнек часто забивается и останавливается.

Перед пуском шнека в работу проверяют прочность и надежность соединения звеньев шнека, исправное состояние предохранительного клапана, желоба, крышки и их плотное прилегание к желобу. Крышки должны быть плотно закрыты.

В процессе работы надо следить за равномерной подачей продукта в желоб (не допускать перегрузки) и за состоянием предохранительного клапана.

Если шнек будет остановлен под нагрузкой, то до следующего пуска его надо расчистить. Для этого в дне шнека устанавливают задвижки (табл. 3.5.8).

Таблица 3.5.8

Характерные неисправности шнековых транспортеров и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Уменьшение производительности	Износ кромок (увеличение зазора между шнеком и трубой). Смятие витков шнека	Наварить кромки, выправить витки или заменить на новые
Заедание вала в подшипниках	Смещение подвесных подшипников, несоосность подшипников	Отрегулировать установки шнека, при необходимости заменить подшипники
Остановка шнека при работающем электродвигателе	Срез шпонки, поломка соединительного валика. Запрессовка продукта в выпускном канале	Заменить шпонку Заменить валик Прочистить
Повышенные вибрации	Несбалансирован шнек, искривление вала шнека, ослабление креплений подшипников	Отбалансировать шнек или заменить на новый. Укрепить подшипники, при необходимости заменить их

Для смазки подшипников шнека применяют солидол. Смазывают через колпачковые масленки один раз в сутки. Для упорного и радиального концевого подшипников применяется тот же смазочный материал.

Дополнять смазку надо один раз в пять дней и заменять полностью через 5–6 месяцев.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3.5

### ИСТОРИЯ МЕЛЬНИЦ

Производство муки – одно из древнейших занятий человечества. Возникновение мукомольного производства в его самом примитивном виде относится к эпохе нового каменного века (неолит). За 4000 лет до нашей эры люди, жившие в условиях первобытно-общинного строя, еще до возникновения организованного земледелия уже измельчали зерна различных злаковых растений в муку при помощи камней. Позже для измельчения зерен стали применять каменные ступы, в которых зерно толкли пестом.

Каменные и деревянные ступки и песты использовали не столько для помола, сколько для рушения – освобождения семян от оболочек и частичного дробления. Плиний в своей «Естественной истории» рекомендовал именно деревянные ступки и песты, в которых зерно не так дробилось. Кроме того, он советовал поджаривать зерно, чтобы облегчить удаление оболочек.

На стенах гробницы египетского вельможи Ти сохранилось изображение более сложного процесса производства муки из ячменя. Зерно перед размолотом очищали на ситах от примесей и пыли, а оставшиеся после этого примеси отбирали вручную. Перед измельчением ячмень шелушили в глубоких каменных ступах. Очищенный шелушенный ячмень передавали женщинам – зернотерщицам, а затем размолотый просеивали на ситах. Таким способом получали несколько сортов муки.

Деревянные ступы крестьяне многих стран использовали и в XX веке. В селе Дубингяе (Литва) сохранились ступы, сделанные из дубовых стволов диаметром от 10 до 70 см и высотой 20–80 см. В самых маленьких ступках толкли желудевый «кофе», а в крупных – вареную картошку, ячмень, овес. Песты, тоже дубовые, имели два рабочих конца разного диаметра и формы и перемычку, вырезанную посередине для руки. Один конец некоторых пестов оснащался железным наконечником для дробления зерна. При работе пестом с железным наконечником на дно ступы клали

камень.

Постепенно люди поняли, что растирать легче, чем толочь. Так появилась зернотерка, состоящая из двух камней: нижнего, на который клали зерно и меньшего – верхнего. Перемещая верхний камень вдоль нижнего, зерно растирали в муку. Египетские женщины для растирания зерен использовали каменные терки. Большое количество зернотерок нашли археологи на территории нашей страны. Для измельчения зерна использовали крупные камни, такую «общественную» мельницу нашли при археологических раскопках в Ирландии.

От одноручных зернотерок перешли к двуручным. Как и следовало ожидать, использование обеих рук оказалось в два раза эффективнее. Двуручные каменные зернотерки с седловидным верхним камнем (курунтом) служили для перемалывания зерна в течение тысяч лет. Зерно мололи, стоя на коленях и двигая обеими руками поперечный курант по продольной каменной плите.

Ручные мельницы с четырехугольными жерновами с возвратно-поступательным движением появились у древних греков, вероятно, в V–IV веках до н. э. Обычно ручные мельницы состояли из двух каменных жерновов: нижнего неподвижного и верхнего подвижного.

Большим усовершенствованием стал переход от движения терки вперед и назад к ее вращению (рис. ПЗ.5.1).

Название дисциплины

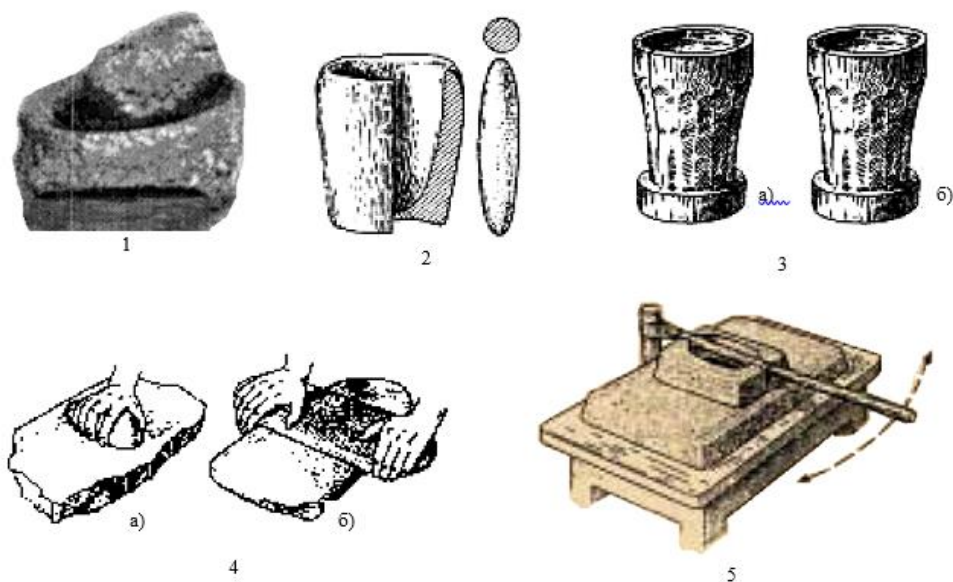


Рис. ПЗ.5.1. Древние орудия для измельчения зерна:

1 – базальтовая ступка и пест, палеолит; 2, 3 – дубовые ступы и песты, XX в.; а – ступа для лущения ячменя; б – песты для толчения желудевого «кофе»; 4 – зернотерка одnorучного действия (а), зернотерка двуручного действия с седловидным курантом (б); 5 – рычажная мельница из греческих колоний Причерноморья



Рис.ПЗ.5.2. Греческая мельница для размола зерна

Когда и где появилась ручная ротационная мельница, не

## Название дисциплины

ясно. В Сицилии найдена часть мельницы, датируемая V веком до н. э., которая вращалась силой осла. Ротационная мельница явилась следующей простейшей машиной после гончарного круга. В римской армии мельница, приводимая в движение одним или двумя людьми, была в группе из 50 человек. По эффективности ручная мельница была в 2-2,5 раза выше двуручной зернотерки. Вращающиеся мельницы постепенно вытесняли старые седловидные плиты-зернотерки. В некоторых областях Европы переход к ручным мельницам произошел только во второй половине 1-го тысячелетия н.э.

Конструкция ручной мельницы проста (рис. ПЗ.5.2). Ее основанием служил камень, выпуклый посередине. На его вершине располагался железный штифт. Второй, вращающийся камень имел два колоколообразных углубления, соединенных между собой отверстием. Внешне он напоминал песочные часы и был внутри пустой. Этот камень насаживали на основание. В отверстие вставлялась железная полоса. При вращении мельницы зерно, попадая между камнями, перетиралось. Мука собиралась у основания нижнего камня.

Подобные мельницы были самых разных размеров: от маленьких, вроде современных кофемолок, до больших, которые приводили во вращение два раба или осел. С изобретением ручной мельницы процесс размалывания зерна облегчился, но по-прежнему оставался трудоемким и тяжелым делом.

В связи с постоянно повышающейся потребностью в муке необходимо было повышать производительность мельниц. Для этого прежде всего усовершенствовали жернова. Наилучшим сочетанием оказались два цилиндрических круга, скользящих друг по другу. Их стали называть жерновами. Один из них неподвижный – «лежак», а другой подвижный – «бегун».

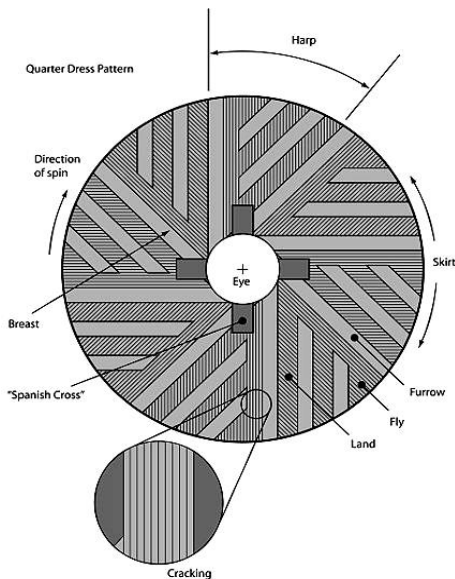
В качестве камня, наиболее подходящего для изготовления жернова, обычно использовали мелкозернистый кремнесодержащий пористый кварц или прочный песчаник, либо окремненный, содержащий окаменелости известняк.

Поверхность жернова разделена глубокими желобами, называемыми бороздами, на отдельные плоские участки, называемые мелющими поверхностями. От борозд, расширяясь, отходят более мелкие желобки, называемые оперением. Борозды и плоские поверхности распределяются в виде повторяющегося рисунка, называемого гармошкой. У типичного мукомольного жернова имеется шесть, восемь или десять таких гармошек. Система желобов и желобков, во-первых, образует режущую кромку, а во-

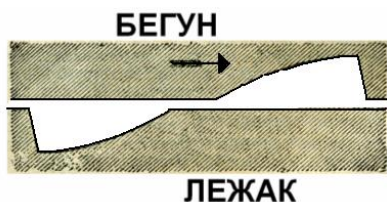


Название дисциплины

вторых, обеспечивает постепенное ссыпание готовой муки из-под жерновов. При постоянном использовании жернова требуют своевременного подтачивания, то есть подравнивания краев всех желобов для поддержания остроты режущей кромки (рис. ПЗ.5.3).



2



1



3

Рис. ПЗ.5.3. Каменные жернова:

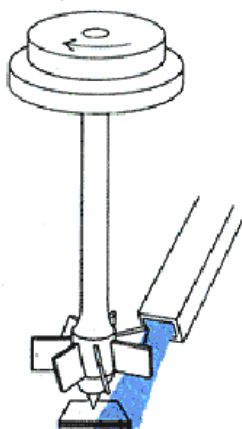
- 1 – схема расположения канавок;
- 2 – восстановление рельефного рисунка канавок;
- 3 – взаимное расположения канавок на жернове

Бороздки выполняли еще одну функцию. Через них в пространство между жерновками подавался воздух, и продукты размола лучше охлаждались и не перегревались, как это было у жерновов без насечки.

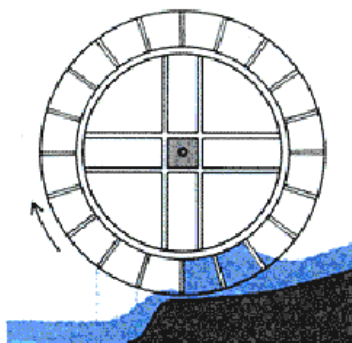
Название дисциплины

Жернова должны быть одинаково сбалансированными. Правильное взаимное расположение камней важно для обеспечения помола муки высокого качества.

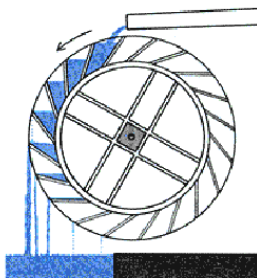
Рост населения в странах Европы увеличивал потребность общества в муке и способствовал механизации процессов измельчения зерна. Раньше всего люди стали использовать энергию движущейся воды. Основой таких механизмов стали водяные колеса (рис.ПЗ.5.4). Самые ранние конструкции водяных колесных приводов вращались вокруг вертикального вала. Затем появились колеса, вращающиеся вокруг горизонтальной оси.



1



2



3



4

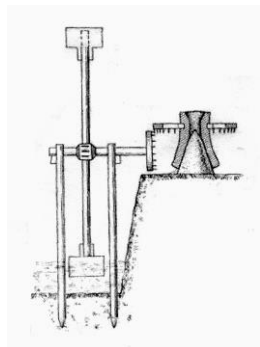
Рис.ПЗ.5.4. Типы водяных колес, использовавшихся для привода размольных станков и другого оборудования: 1 – с вертикальным валом; 2 – подливные колеса с горизонтальным валом; 3 – верхнебойные колеса с горизонтальным валом; 4 – доставка зерна на водяную мельницу. Мельничное колесо подливного типа, под ним – деревянная зубчатая передача, приводящая в движение жернова. Выше жерновов – бункер для зерна. Миниатюра из bestiaria XIII в

Системы с горизонтально расположенными водяными колесами были проще в изготовлении, чем колеса с вертикальной установкой. В первых водяных мельницах небольшое горизонтальное колесо с лопастями укреплялось на нижнем конце вертикального вала. Верхний конец вала соединялся непосредственно с жерновом без каких-либо шестерен. Постройка такого типа мельниц обходилась недорого, но, как правило, они были маломощными (менее 1 л.с.), а их коэффициент полезного действия составлял всего 5–15%. Мельницы с горизонтальными колесами к тому же трудно было приспособить для каких-либо иных целей, кроме как для помола зерна. Подливные вертикальные водяные колеса были сравнительно просты по конструкции. Они имели на ободе плоские закругленные лопасти и приводились в движение потоком воды. Подливные колеса могли работать почти в любых относительно обильных потоках с умеренной скоростью воды, но наиболее эффективны они были в узких протоках. Вертикальные колеса были в 3–5 раз мощнее горизонтальных, а их КПД составлял 20–30%. Описание такого колеса имеется еще в I веке до н.э. у римского изобретателя Витрувия в книге «De architectura».

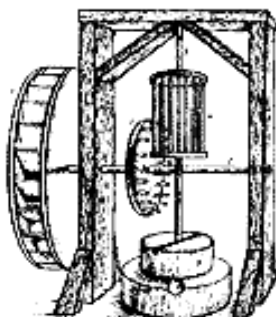
При использовании верхнебойных колес вода падала сверху в черпаки, приделанные к ободу колеса. В этом случае колесо приводилось в движение не столько за счет удара воды, сколько под действием силы тяжести. Внизу вода выливалась из черпаков, они поднимались вверх, вновь наполнялись водой, и процесс повторялся. Строительство верхнебойных колес обходилось дороже, чем подливных или горизонтального типа, поскольку для них нужно было сооружать запруды и поднимать уровень русла водного канала, и, кроме того, они не могли работать при подаче большого количества воды. На мелководье при высоте падения воды от 3 до 12 м вертикальные колеса имели коэффициент полезного действия 50–70%, а их мощность в зависимости от условий работы была от 2 до 40 л.с. (В среднем мощность составляла 5–7 л.с.), рис. ПЗ.5.5.

Другим важным достижением античных инженеров явля-

лось применение цевочных и ортогональных передач, позволявших передавать вращательное движение из горизонтальной плоскости в вертикальную и тем самым передавать вращение жерновам.



1



2



3

Рис. ПЗ.5.5. Древнеримские мельницы: 1 – с цевочным зацеплением и коническими жерновками;

2 – с цевочным зацеплением и с цилиндрическими жерновками; 3 – мельница с приводом от осла

Уже в начале IX в. во Франции традиционные водяные мукомольные мельницы были усовершенствованы (рис. ПЗ.5.6), и вращающиеся жернова использовались не только для помола пшеницы (единственно, для чего римляне применяли комбинацию зубчатой передачи и водяного колеса), но и для измельчения солодкового корня в процессе приготовления пивного сусла.

Большое подливное колесо заставляло вращаться два зубчатых колеса, посредством которых вращение в вертикальной плоскости преобразовывалось во вращение в горизонтальной плоскости. Жерновые камни размещались на верхней секции этого сооружения; мука сыпалась в ящик, который располагался ниже – сбоку от зубчатых колес.

К XI в. зубчатые зацепления, передающие вращательное движение из вертикальной плоскости в горизонтальную, были усовершенствованы и использовались для сообщения движения бегунам – жерновым камням цилиндрической формы, катящимся по кругу. Такие цилиндрические бегуны скорее предназначались для раздавливания, а не для дробления. Водяные мельницы с цилиндрическими жерновками в начале XI в., по-видимому, служили

для выдавливания масла из оливок.

В том же веке в Сицилии с помощью бегунов, приводимых в движение водяным колесом, измельчали сахарный тростник. Позже такие мельницы стали применять для измельчения семян горчицы и перца (самые ранние упоминания об этом относятся к XIII в.), а также красящих веществ (XIV в.).

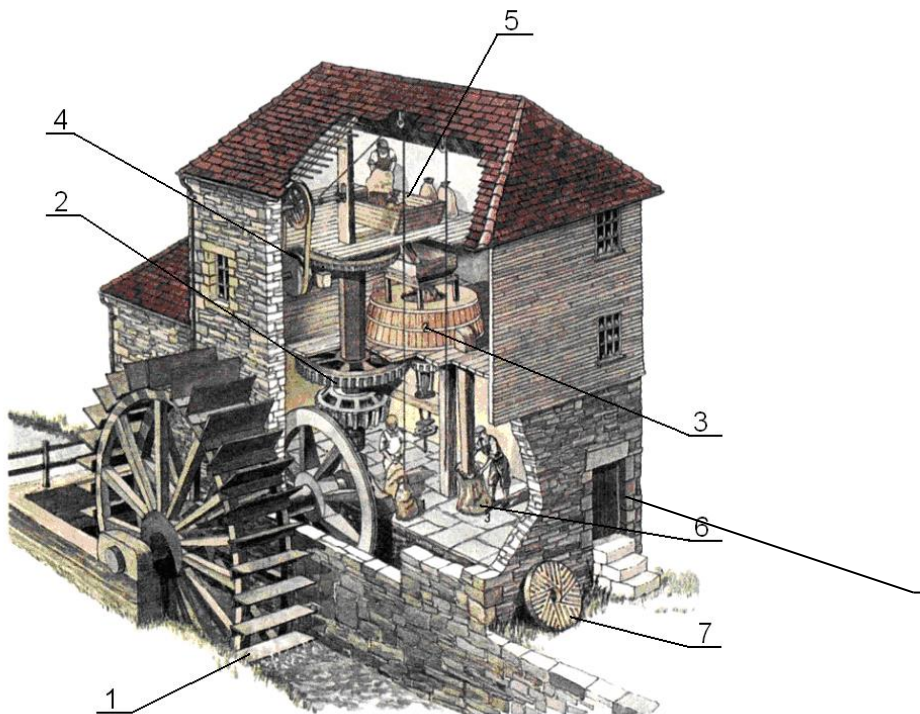


Рис.ПЗ.5.6 Устройство средневековой водяной мельницы:

- 1 – водяное колесо; 2 – цевочное и зубчатое зацепления; 3 – жерновой постав; 4 – цевочное зацепление для ворота; 5 – ящик для загрузки зерна; 6 – желоб для муки; 7 – мешки с мукой; 8 – запасной жернов

В VII-IX веках мастера усовершенствовали технические достижения античности. Водяные колеса были использованы для выполнения различных работ, где вращательное движение совершалось в плоскости самого колеса. Самые ранние упоминания о таких системах относятся к началу XIII столетия.

Другим примером нового применения энергии воды, когда вращательное движение обрабатывающего инструмента происхо-

Название дисциплины

дит в той же плоскости, что и вертикального водяного колеса, являются токарные станки (самые ранние свидетельства об использовании энергии воды в этих целях относятся к XIV в.), сверлильные станки (XV в.), роликовые станки для получения металлических листов и ротационные резаки для их разрезания (XV в.), вентиляторы для шахт, шахтные подъемники и насосы для шахт с цепным приводом (XVI в), рис. ПЗ.5.7.

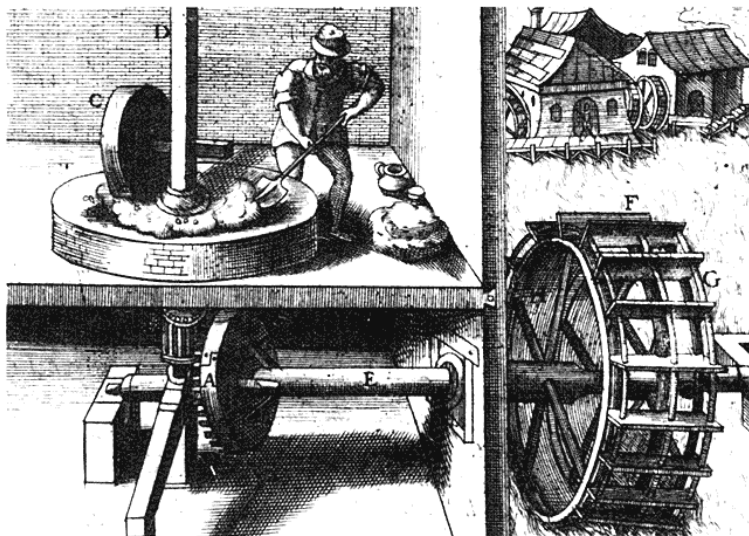


Рис.ПЗ.5.7. Средневековое измельчающее устройство с бегуном, приводимое в действие от водяного колеса

Использование водяных колес было характерно и для передовых в промышленном отношении стран Европы, таких, как Россия и Польша. В письменном документе 1666 г. с описанием притоков средней части Днепра (от р. Сулы до р. Ворсклы) перечислены 50 плотин и 300 водяных колес. Только на одной реке Удай было 72 водяные мельницы. К концу XVIII в. на польской территории находилось более 5 тыс. водяных мельниц.

Увеличение числа водяных мельниц сопровождалось их географическим распространением. В 20-х годах XVIII в. русские инженеры возвели огромную дамбу на Урале в Екатеринбурге; построенный на ней индустриальный комплекс использовал энергию воды, падающей с плотины. Он насчитывал 50 водяных колес, которые приводили в действие 22 молота, 107 мехов, 50 волочильных станков и две многоэтажные мельницы.

Говоря о групповом характере использования водяных колес, следует отметить, что вплоть до начала XIX в. их чаще сосредотачивали в каком-либо районе, а не на одном производственном объекте. Так, примерно в 1550 г. на территории Германии в районе Харц-Маунтэн началось сооружение сложного комплекса плотин, водохранилищ и каналов, подающих воду на водяные колеса, которые приводили в действие шахтные насосы, волочильные станы, установки для промывки руды, рудодробильные мельницы и мехи для плавильных печей. К 1800 г. эта система насчитывала 60 плотин и водохранилищ, и все это на территории в радиусе 4 км вокруг Клаустхале – центра промышленного рудоносного района. Самая большая из плотин этой системы Одертайх была построена из кирпича в 1714-1721 гг. и имела длину 145 м, высоту 18 м и ширину в основании 47 м. Из запруженных водохранилищ вода проходила по системе каналов общей протяженностью 190 км и подавалась на 225 колес. Общая мощность всей системы превышала 1000 л.с.

Население Земли постоянно росло, и люди начинали осваивать территории с засушливым климатом. Воды там было мало, а ветров очень много.

К тому времени человек уже научился использовать энергию воды, чтобы вращать водяное колесо, и энергию ветра, чтобы плавать на парусной лодке. А примерно в VII веке н. э. в засушливых степях Азии или Ближнего и Среднего Востока объединили эти две идеи, заставив

ветер вращать жернов. Так, из жернова выходил вертикальный вал с парусами, который поворачивался, когда дул ветер. С помощью таких простых ветряных мельниц мололи пшеницу или ячмень, а также качали воду из-под земли (рис. ПЗ.5.8).

Ранние мельницы с парусами на вертикальном валу не отличались высокой производительностью. Появилась возможность значительно увеличить производительность при закреплении лопастей или паруса к горизон-

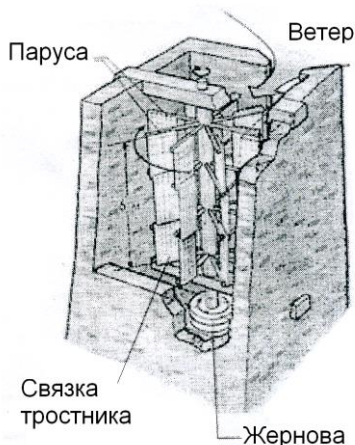


Рис. ПЗ.5.8. Персидская ветряная парусная мельница

тальному валу, выходящему из башни. Горизонтальный вал посредством зубчатых колес сообщал вращательное движение вертикальному валу, который поворачивал прикрепленный к нему жернов. Это изменение позволило использовать энергию ветра в большей мере. Теперь мельницы могли приводить в движение мощные механизмы, например циркулярные пилы.

Но какую бы работу ни выполняли при помощи мельницы, необходима непрерывная подача энергии. А у ветра есть существенный недостаток: он часто меняет направление.

Как же добиться того, чтобы крылья мельницы были всегда расположены с учетом направления ветра? И вот придумали мельницы на козлах, или «столбовки». Эти мельницы покоились на столбе, подпертом балками, что позволяло поворачивать весь мельничный амбар, устанавливая крылья против ветра (рис. ПЗ.5.9).



1



2

Рис.ПЗ.5.9 Мельницы-«столбовки»:

1 – Айвазовский И.К. «Ветряная мельница на берегу моря»;

2 – «столбовки» в Южной Сибири (1905)

Конечно, амбар покоится не только на столбе, но на сруберже (от слова режь, бревна, врубленные не плотно, а с зазорами). Поверх такого ряжа делалось ровное круглое кольцо из пластин или досок. На него и опирается нижняя рама собственно мельницы.

Ряжи у «столбовок» были разной формы и высоты, но не выше 4 метров. Они с земли могли подниматься сразу в виде четырехгранной пирамиды или сначала вертикально, а с какой-то высоты переходить в усеченную пирамиду. Встречались, правда



Название дисциплины

очень редко, мельницы на невысокой раме.

Поворачивать «столбовки» было очень тяжело, и тогда придумали другую конструкцию: неподвижную башню с вращающейся крышей. В мельницах такого типа главный вал выходит из крыши, благодаря чему, куда бы ни дул ветер, ее вместе с крыльями-парусами можно развернуть против ветра. А как же мельнику удавалось поворачивать крышу вместе с валом и крыльями? Для этого имелся рычаг с подкосами – «води́ло». Вокруг мельницы вкапывали небольшие столбики количеством не менее 8 штук. К ним «води́ло» и крепилось цепью или толстой веревкой. Силою 4-5 человек, даже если верхнее кольцо шатра и части рамы были хорошо смазаны, повернуть «шапку» мельницы очень трудно, поэтому пользовались небольшим переносным воротом, который попеременно одевали на столбики его трапециевидной рамой, служившей основанием всей конструкции. Их стали именовать «шатровками» (рис. ПЗ.5.10).



Рис. ПЗ.5.10. Мельница-«шатровка»

Основание шатровок тоже может быть по форме и конструкциям различным. Например, пирамида может начаться с уровня земли, а конструкция быть не срубной, а каркасной. Пирамида может опираться на сруб, а к нему могут быть пристроены подсобные помещения, тамбур, помещение для мельника и т.д.

В дальнейшем для поворота крыши также стали использовать силу ветра. Для этого небольшое ветряное колесо устанавливали на противоположной от крыльев стороне крыши. Такое колесо нужно для того, чтобы крылья-паруса автоматически раз-

ворачивались в нужном направлении. Как это происходит? Допустим, что крылья мельницы, поймав ветер, сильно раскрутились. Но внезапно ветер изменил направление, и крылья сразу стали вращаться медленнее. Теперь уже ветряное колесо, установленное под прямым углом к крыльям, ловит ветер и начинает раскручиваться. Оно приводит в движение механизм, который автоматически поворачивает крышу, так что крылья мельницы всегда оказываются против ветра.

Другая сложность в укрощении ветра состоит в том, что сила ветра постоянно меняется. В древности ветрякам, крылья которых напоминали паруса лодок, было трудно «подстраиваться» под разную скорость ветра. От резкого торможения и вызванного им трения мог вспыхнуть огонь. А сильные порывы ветра приводили к большим повреждениям: ломались крылья, задевая друг друга или врезаясь в мельницу. Иногда отказывали тормоза, в то время как мельник на крыле расправлял мельничный парус, и тогда его подбрасывало в воздух!

Эта проблема решилась в 1772 году, когда шотландский изобретатель заменил паруса на автоматически открывающиеся и закрывающиеся щитки, похожие на жалюзи. При сильном порыве ветра давление на щитки превосходит силу пружины, которой они подперты, и щитки открываются, давая ветру «дорогу», от чего движение крыльев замедляется. Когда ветер стихал, щитки под действием пружины закрывались, что увеличивало поверхность крыльев, которые продолжают вращаться примерно с той же скоростью.

Главное в ветряных мельницах – их механизмы (рис. ПЗ.5.11). В шатровках внутреннее пространство разделено перекрытиями на несколько ярусов. Сообщение с ними идет по крутым лестницам чердачного типа через люки, оставленные в перекрытиях. Части механизма могут располагаться на всех ярусах. А их может быть от четырех до пяти. Стержнем

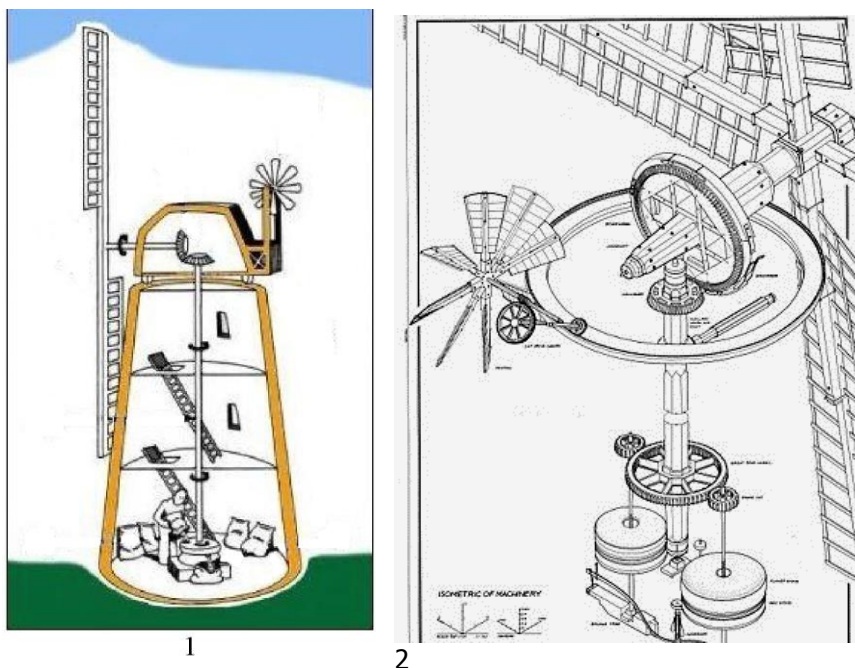


Рис. ПЗ.5.11. Устройство шатровой ветряной мельница:

1 – распределение механизмов по этажам; 2 – кинематика приводов

шатровки служит могучий вертикальный вал, пронизывающий мельницу насквозь до "шапки". Он опирается через металлический подпятник, закрепленный в балке, которая лежит на брусчатой раме. Балка с помощью клиньев может перемещаться в разные стороны. Это позволяет придать валу строго вертикальное положение. То же самое можно проделать и при помощи верхнего бруса, где штырь вала заделан в металлическую петлю.

В нижнем ярусе на вал надета большая шестерня с кулачками-зубьями, закрепленными по наружному контуру круглой основы шестерни. При работе движение большой шестерни, умноженное в несколько раз, передается на малую шестерню другого вертикального, уже металлического обычного вала.

Вертикальный вал прошивает неподвижный нижний жернов и упирается в металлическую планку, на которой через вал подвешен верхний подвижный (вращающийся) жернов. Оба жернова одеты деревянным кожухом с боков и сверху. Жернова устанавливаются на втором ярусе мельницы. Балка в первом ярусе, на которую опирается малый вертикальный вал с малой ше-

стерней, подвешена на металлическом нарезном штыре и с помощью нарезной же шайбы с рукоятками может быть слегка поднята или опущена. С нею поднимается или опускается верхний жернов. Так регулируется тонкость помола зерна.

От кожуха жерновов вниз наклонно пропущен глухой дощатый желоб с доской-здвижкой на конце и двумя металлическими крючками, на которые подвешивается мешок, наполняемый мукой. Рядом с блоком жерновов устанавливается кран-укосина с металлическими дугами-захватами. С его помощью жернова можно снимать со своих мест для отковки.

Над кожухом жерновов с третьего яруса спускается жестко закрепленный к перекрытию подающий зерно бункер в форме опрокинутой усеченной пирамиды. Бункер имеет задвижку, с помощью которой можно перекрыть подачу зерна. Снизу к нему подвешен качающийся лоток. Он для пружинистости имеет можжевелевую планку и штырь, опущенный в отверстие верхнего жернова. В отверстии эксцентрично устанавливается металлическое кольцо. Кольцо может быть и с двумя-тремя косыми перьями, тогда устанавливается симметрично. Штырь с кольцом называются обечайкой. Пробегая по внутренней поверхности кольца, штырь все время меняет положение и раскачивает косо подвешенный лоток. Это движение ссыпает зерно в отверстие жернова. Оттуда оно попадает в зазор между камнями, размалывается в муку, та поступает в кожух, из него – в закрытый лоток и мешок.

Зерно засыпается в бункер, врезанный в пол третьего яруса. Мешки с зерном подаются сюда с помощью ворота и веревки с крюком. Ворот может подключаться и отключаться от шкива, насаженного на вертикальный вал. Делается это снизу с помощью веревки и рычага. В досках перекрытия прорезан люк, перекрытый наклонно поставленными двухпольными створками. Мешки, проходя через люк, открывают створки, которые потом произвольно захлопываются. Мельник отключает ворот, и мешок оказывается на крышках люка. Операция повторяется.

В последнем ярусе, находящемся в "шапке", на вертикальном валу установлена и закреплена другая, малая шестерня со скошенными кулачками-зубьями. Она заставляет вращаться вертикальный вал и запускает весь механизм. Но ее заставляет работать большая шестерня на "горизонтальном" валу. Слово в кавычки заключено потому, что фактически вал лежит с некоторым уклоном внутреннего конца вниз. Штырем этого конца он заключен в металлическом башмаке деревянной рамы, основы шапки.

Название дисциплины

Приподнятый конец вала, выходящий наружу, спокойно лежит на камне-"подшипнике", слегка скругленном сверху. На валу в этом месте врезаны металлические пластины, предохраняющие вал от быстрого стирания.

В наружную головку вала врезаются два взаимно перпендикулярных бруса-кронштейна, к которым крепятся хомутами и болтами другие балки – основа решетчатых крыльев. Крылья могут принимать ветер и вращать вал лишь тогда, когда на них будет расправлена парусина, обычно свернутая в жгуты в покойное, нерабочее время. Поверхность крыльев будет зависеть от силы и скорости ветра.

Шестерня "горизонтального" вала снабжена зубьями, врезанными в боковую сторону круга. Сверху ее обнимает тормозная деревянная колодка, которая с помощью рычага может быть освобождена или сильно затянута. Резкое торможение при сильном и порывистом ветре вызовет высокую температуру при трении дерева о дерево, и даже тление. Этого лучше избегать.

До работы крылья мельницы следует повернуть навстречу ветру. Для этого имеется рычаг с подкосами – "водило".

Блок жерновов с кожухом со всеми частями и деталями, расположенными выше и ниже его, назывался одним словом – постав. Обычно небольшой и средней величины ветряки делались "об одном поставе". Большие ветряки могли строиться с двумя поставами. Были ветряные мельницы и с "толчеями", на которых отжималось льняное или конопляное семя для получения соответствующего масла. Отходы – жмых – тоже использовали в домашнем хозяйстве (рис. ПЗ.5.12).

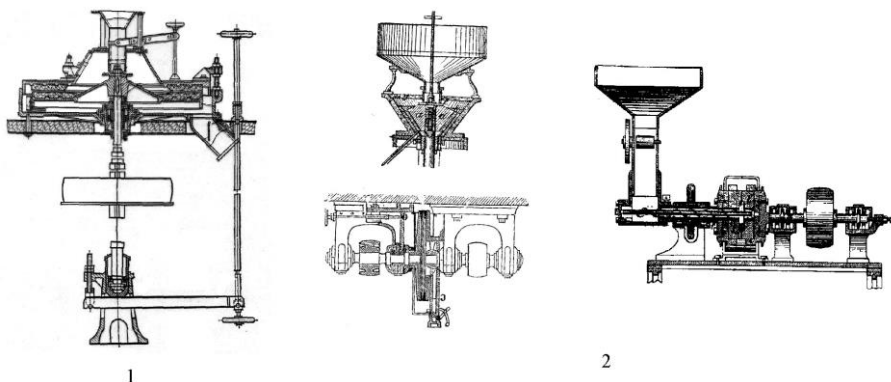


Рис.ПЗ.5.12. Мельничные поставы:

1- с вертикальным валом; 2 – с горизонтальным валом

С вращающимися крышами и саморегулирующимися крыльями мельницы достигли своего расцвета к концу XIX века. В то время мельницы в Европе, по оценке экспертов, вырабатывали 1 500 мегаватт энергии. Но потом технологические перемены принесли с собой электричество, паровую турбину, двигатель внутреннего сгорания. Ветряные мельницы не могли соперничать с мощными и быстрыми машинами, и, казалось, ветру никогда уже не придется раскручивать мельничные крылья. Однако это был не конец.

Топливный кризис 1970-х побудил искать альтернативные источники энергии, позволяющие обходиться без ископаемого топлива. Примерно в то же время стали много говорить о выхлопных газах и других выбросах, загрязняющих атмосферу. Начался поиск экологически чистых источников энергии. Тут сама идея ветряной мельницы предстала в новом свете, и началось широкое производство ветротурбин.

Современные ветряки «стройнее», чем их предшественники. Это потому, что в отличие от мельниц прошлого ветротурбины, как правило, не приводят в действие механизм наподобие мельничного. Турбины преобразуют энергию ветра в электрическую энергию, впоследствии поступающую в местную электросеть. К 1988 году новые ветряки производили в Европе 1 500 мегаватт энергии – столько же, сколько их предшественники столетие назад.

Высокие, отливающие серебром ветряки, возвышающиеся на вершинах холмов, изменили сельский пейзаж (рис. ПЗ.5.13). Хотя ветроустановки не всегда изящны, большинство людей согласны, что не очень красивый вид – это ничто по сравнению с десятками тысяч мегаватт экологически чистой энергии, которую по всему миру вырабатывают ветротурбины. Они играют большую роль в общем стремлении людей сделать так, чтобы выделялось меньше парниковых газов – это принесло бы пользу всем.



Рис.ПЗ.5.13. Поле ветряков для получения электроэнергии (Дания)

И водные, и ветровые двигатели имели ограничения в своей работе прежде всего из-за климатических условий. Зимой реки замерзали, снег с ветром затруднял работу ветряных мельниц, а в тихую погоду они вообще не могут работать. В то же время потребность в муке и хлебе человека и в целом общества продолжала расти. И этот постоянный, никогда не прекращающийся рост потребностей и является вечным двигателем технического и технологического прогресса. Совершенствование старых и изобретение новых технических средств (и технологии производства) вызывается стремлением людей улучшить условия своего существования, облегчить труд, сделать его более производительным и, следовательно, повысить свой жизненный уровень. Между ростом потребностей людей и их удовлетворением существует противоречие, которое развивается таким образом, что удовлетворение одних потребностей неотвратимо порождает другие, новые потребности. И когда это противоречие усиливается вследствие замедления темпов их удовлетворения, которые не в последнюю очередь зависят от технического прогресса и замедляются с замедлением последнего, тогда, помимо прочего, выявляется потребность общества в новой технике. Прежде всего обществу был нужен эффективный, независимый от природных условий двигатель. Им и явилась паровая машина.

Имя изобретателя первого парового двигателя вряд ли может быть установлено. Известно, что к 1705 году английский изобретатель Томас Ньюкомен построил пароатмосферную машину для откачки воды из шахт. Но в книге русского ученого Ивана Андреевича Шлаттера «Обстоятельные наставления по рудному делу», вышедшей в свет в 1760 году, кроме машины Ньюкомена, описывается еще целый ряд паросиловых установок, например машина английского изобретателя Сайвери, созданная еще в 1698 году тоже для откачки шахтной воды.

Повышение энерговооруженности зерновых мельниц в связи с внедрением паровых машин позволило механизировать не только основные процессы по размолу зерна, но и другие операции.

Вторым по значимости после измельчения зерна является сепарирование (разделение) продуктов размолу зерна.

В России просеивание продуктов размолу зерна для получения муки лучшего качества было известно еще в XIV веке. В летописи того времени сохранились записи о житие Сергия Радонежского-современника Дмитрия Донского, где сказано, что он «... пшеницу толчаше и меляше, и муку сеяше, и тесто мясяше, и квасяше». Во времена царя Ивана Грозного русские мельники уже владели способом производства муки трех сортов: крупчатой, сеяной и отсевной, что требовало обязательного просеивания продуктов размолу на ручных ситах из лыка или из волоса.

Механизация этого процесса заключалась в том, что размолотое зерно, как только оно выходило из-под жерновов, собиралось в особый ящик, названный позже мукосейным. Позднее в этих ящиках устанавливались сита и делалось такое устройство, которое позволяло посредством кривошипа приводить их в движение. Ими обходились до начала XVI в., когда в Германии изобрели настоящий пеклевальный механизм, в котором натянутое в форме сетки сито получало колебательное движение в горизонтальной плоскости. Изобретение пеклевального механизма сделало необходимым изготовление особой сетки, так называемой волосяной ткани, которая позже производилась фабричным способом.

Первую машину с большим количеством сеток с отверстиями разных размеров (пеклеванным механизмом) и упорядоченным движением материальных потоков стали впоследствии называть «рассевом».

Промежуточные продукты размолу зерна распределяли уже не вручную, при помощи мешков, самотеком, а с использованием



Название дисциплины

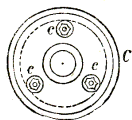
простейших транспортных механизмов. Постепенно уходили в прошлое старинные «мешковые» мельницы. Рука человека все меньше вмещивалась в работу машин. Процесс становился поточным и непрерывным.

Медленно, постепенно менялось общее устройство мельницы, совершенствовалась «движущая сила», но конструкция жерновов оказалась на удивление стойкой. Тем не менее, именно они ограничивали производительность мельниц. Предельный приемлемый диаметр жернова составляет 1,5 м. Это давало производительность 1,5 т/ч по зерну (суточная производительность около 35 т/ч). Кроме того каменные жернова истирались, и необходимо было возобновлять насечки, и в довершении всего каменная пыль попадала в муку, отчего она начинала хрустеть и портить вкус хлеба и зубы потребителей муки.

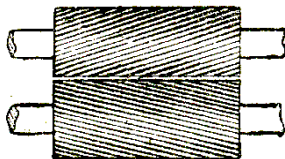
Поскольку производство муки являлось очень выгодным делом, то начались исследования по поиску другого рабочего органа для измельчения зерна, свободного от недостатков жерновых размольных станков.

Это привело к созданию в 1822 году вальцового размольного станка. Способ размола на вальцовых станках заключается в следующем: два вальца, закрепленные в корпусе, вращаются навстречу друг другу с различной скоростью, зерно, попавшее в зазор между ними, подвергается напряжениям сжатия, сдвига и разрушается. Первоначально вальцы изготавливались из чугуна или из непокрытого глазурью фарфора.

В дальнейшем, чтобы усилить разрушающее действие, вальцы стали делать с нарезкой (рифлями). В таких вальцах помимо напряжения сжатия и сдвига начинается еще и резание зерна (рис. ПЗ.5.14).

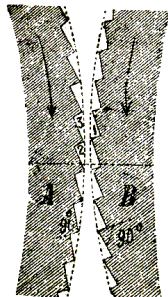
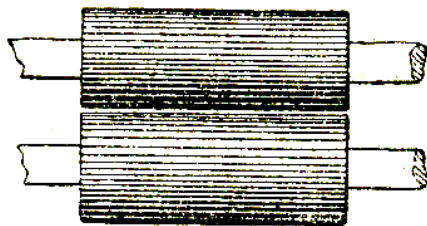


1



2

Название дисциплины



3

4

Рис.ПЗ.5.14. Вальцы для измельчения зерна:

1 – гладкие фарфоровые; 2 – металлические с рифлями, расположенными под углом;

3 – металлические с параллельными рифлями; 4 – схема взаимодействия рифлей при измельчении зерна

Меняя длину вальцов, их диаметр, количество и скорость их вращения, можно было регулировать производительность размольных станков и качество продуктов размола. Таким образом, недостатки, присущие жерновам, были преодолены и появилась возможность резко увеличить производительность мельниц.

В 1834 году было произведено усовершенствование вальцовых станков в Швейцарии в г. Зальцберге (впоследствии здесь появится известнейшая фирма по производству мельничного оборудования «Бюллер»).

В период с 1834 до 1845 года окончательно формируются конструкции рассевов, триеров, крупоеек, обочных машин. И мельница стала приобретать вид, приближающийся к современному. Эти мельницы называли паровыми, поскольку основным энергетическим средством была паровая машина. Энергия к мельничному оборудованию подавалась от общего трансмиссионного вала, приводимого в действие паровой машиной, через систему ременных передач.

Помимо основных технологических процессов механизировались и транспортные операции, и производство муки становилось поточным.

Паровые двигатели, несомненно, дали мощный толчок развитию мельничного дела, но они имели недостатки. Во-первых, такие двигатели требовали наличия котельной и паропроводов, во-вторых, с экономической точки зрения эксплуатация паровых двигателей выгодна только на основе общетрансмиссионного

Название дисциплины

привода. У него были свои недостатки: громоздкость, опасность в эксплуатации, вибрации несущих конструкций, отсутствие регулировок приводов отдельных машин.

Все это пододвигало конструкторов машин к идее индивидуального привода. В 80-е годы XIX века был разработан двигатель внутреннего сгорания (ДВС), но для привода мельничного оборудования он не подходил, так как это оборудование работает в помещении, где загазованность выхлопными газами недопустима.

Параллельно с работой над ДВС ученые занимались и разработкой электродвигателей.

Один из первых совершенных электродвигателей, работавших от батареи постоянного тока, создал в 1834 году русский электротехник Б.С. Якоби (рис. ПЗ.5.15). Этот двигатель имел две группы П-образных электромагнитов, из которых одна группа располагалась на неподвижной раме. Их полюсные наконечники были устроены асимметрично – удлинены в одну сторону. Вал двигателя представлял собой два параллельных латунных диска, соединенных четырьмя электромагнитами, поставленными на равном расстоянии один от другого. При вращении вала подвижные электромагниты проходили против полюсов неподвижных. У последних полярности шли попеременно: то положительная, то отрицательная. К электромагнитам вращающегося диска отходили проводники, укрепленные на валу машины. На вал двигателя был насажен коммутатор, который менял направление тока в движущихся электромагнитах в течение каждой четверти оборота вала. Обмотки всех электромагнитов неподвижной рамы были соединены последовательно и обтекались током батареи в одном направлении. Обмотки электромагнитов вращающегося диска были также соединены последовательно, но направление тока в них изменялось восемь раз за один оборот вала. Следовательно, полярность этих электромагнитов также менялась восемь раз за один оборот вала, и эти электромагниты поочередно притягивались и отталкивались

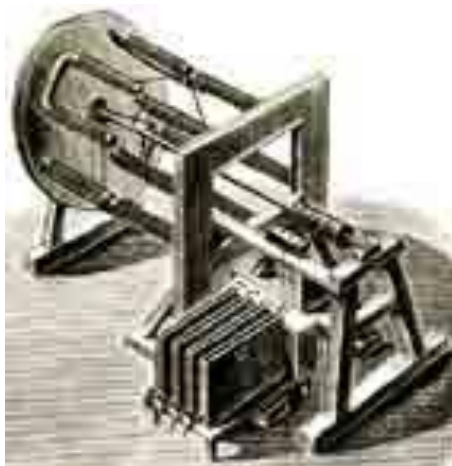


Рис. ПЗ.5.15. Общий вид электродвигателя Б.С. Якоби

электромагнитами неподвижной рамы.

Двигатель Б.С.Якоби для своего времени был самым совершенным электротехническим устройством. В том же 1834 году подробное сообщение о принципах его работы было представлено Парижской Академии наук.

В 1838 году Б.С.Якоби усовершенствовал свой электромотор и, установив его на гребном боте, с десятью спутниками совершил небольшое плавание по Неве со скоростью 4,5 км/ч. Источником тока ему служила мощная батарея гальванических элементов. Однако такие электродвигатели не могли найти широкого применения, так как питать их от батареи было слишком дорого и невыгодно. Поэтому ученые и изобретатели стали заниматься созданием электродвигателей переменного тока, который был к тому времени более или менее изучен.

Вначале была разработана модель так называемого синхронного двигателя переменного тока. Один из первых таких двигателей построил в 1841 году Чарльз Уитстон. Его система обладала большими недостатками: кроме того, что синхронный двигатель требовал для своего запуска дополнительный разгонный двигатель, он имел и другой изъян – при перегрузке синхронность его хода нарушалась, магниты начинали тормозить вращение вала, и двигатель останавливался. Поэтому тогда синхронные двигатели не получили широкого распространения.

Подлинная революция в электротехнике произошла только после изобретения асинхронного двигателя.

В конце 80-х гг. XIX в. одними из первых разработкой двигателей переменного тока начали заниматься итальянский физик Г. Феррарис и американский изобретатель сербского происхождения Н. Тесла. Однако созданные ими двухфазные двигатели не смогли найти эффективного практического применения из-за конструктивных недоработок, связанных с теоретическими просчетами.

Блестяще решил вопрос в пользу переменного тока наш соотечественник Михаил Осипович Доливо-Добровольский (1862–1919) – изобретатель трехфазного асинхронного электродвигателя и разработчик основных элементов трехфазной системы переменного тока.

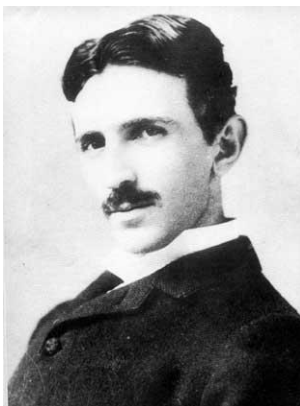
Доливо-Добровольский установил, что для создания вращающегося магнитного поля – основы работы асинхронного двигателя – технически и экономически целесообразно применение симметричной трехфазной магнитной системы со сдвигом фаз на 120°. Трехфазный асинхронный электродвигатель, изготовленный

Название дисциплины

М.О. Доливо-Добровольским в 1889 г., продемонстрировал высокую эффективность и неоспоримые преимущества перед двухфазными двигателями Г. Феррариса и Н. Теслы (рис. ПЗ.5.16).



1



2



3

Рис. ПЗ.5.16. Ученые, занимавшиеся разработкой электродвигателей: 1 – Б.С. Якоби; 2 – Н. Тесла; 3 – М.О. Доливо-Добровольский

Первой демонстрацией практического применения асинхронного двигателя и трехфазной системы стала Международная электротехническая выставка 1891 г. во Франкфурте-на-Майне. Выставку с гидроэлектростанцией на реке Неккар в городе Лауфен соединила 170-километровая линия электропередачи. А 25 августа на выставке зажглась тысяча электроламп, питаемых током от Лауфенской электростанции. Затем был пущен трехфазный асинхронный двигатель М.О. Доливо-Добровольского мощностью 75 кВт, приведший в действие декоративный десятиметровый водопад.

Впечатление, произведенное первым запуском двигателя, было огромным. Для многих стало очевидно, что долгий тернистый путь создания промышленного электродвигателя наконец пройден до конца. По своим техническим показателям двигателя М.О. Доливо-Добровольского превосходили все существовавшие тогда электромоторы: обладая очень высоким КПД, они безотказно работали в любых режимах, были надежны и просты в обращении. Поэтому они сразу получили широкое распространение по всему миру. С этого времени началось быстрое внедрение электродвигателей во все сферы производства и повсеместная электрификация промышленности, в том числе и мукомольной.

Использование трехфазного асинхронного электродвигателя позволило сделать индивидуальный привод для каждой машины. Вместо паропроводов и общетрансмиссионных валов создавалась электрическая сеть, в которую включались электродвигатели машин. В таком виде эта система существует и сейчас.

Дальнейшим перспективным развитием мельничных машин является внедрение электродвигателя не только для привода машин, но и для привода ее рабочих органов. Такая система не только значительно упрощает кинематические схемы пищевых машин (а они очень сложны), но и открывает большие возможности регулировки кинематических параметров рабочих органов не механическими, а электрическими способами.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ 3**

1. Что включает в себя понятие «ремонт машины»?
2. Что такое «ремонтпригодность машины» и какие требования предъявляются к ней?
3. Перечислите эксплуатационно-ремонтные свойства машины.
4. Как определяется трудоемкость ремонта машин зерноперерабатывающих предприятий?
5. Перечислите основные направления деятельности ремонтной службы зерноперерабатывающего предприятия.
6. Какие отрасли включают технологический процесс капитального ремонта машин?
7. Каковы особенности технологического процесса разборки оборудования?
8. Какие виды энергии используются при очистке разобранных элементов машин?
9. Как производится дефектация и комплектование элементов ремонтируемой машины?
10. Что такое статическая и динамическая балансировка элементов ремонтируемых машин?
11. Какие бывают виды сборки отремонтированных машин?
12. Перечислите основные материалы, применяемые для покрытия (окраски) отремонтированных машин.
13. Какие методы используются при окраске отремонтированных элементов и машин?
14. Какими методами производят восстановление целостности деталей?
15. Какими методами производят восстановление формы

деталей?

16. Какие электрохимические методы используют для восстановления размеров \_\_\_\_\_ деталей?

17. Как осуществляется восстановление деталей добавочными элементами?

18. Какие виды механической обработки ремонтируемых деталей применяют?

19. Какие виды упрочняющих технологий применяют при ремонте деталей?

20. Для каких целей производится наплавка твердых материалов на поверхность восстанавливаемых деталей?

21. Как осуществляется ремонт осей и валов?

22. Как осуществляется ремонт шпоночных и шлицевых соединений?

23. Как осуществляется ремонт корпусов подшипников качения?

24. Как осуществляется ремонт корпусов подшипников скольжения?

25. Как осуществляется ремонт ременных передач?

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Одной из основных задач производственной деятельности является повышение производительности труда. Это возможно, если основываться на достижениях научно-технического прогресса. Одним из главных его направлений является индустриализация, т. е. превращение строительного процесса монтажа в комплексно-механизированный процесс конструкций и сооружений из сборных элементов заводского изготовления с использованием высокопроизводительных монтажных машин и механизмов. При этом обеспечиваются снижение трудоемкости, сокращение продолжительности, улучшение качества строительства объектов и в целом повышение эффективности капитальных вложений.

К основным направлениям развития монтажных работ относятся: совершенствование проектных решений, в том числе типизация объемно-планировочных решений зданий и сооружений, унификация сборных элементов и конструкций, повышение степени их равновесности и монтажной технологичности (минимальная трудоемкость монтажа); совершенствование технологии и организации монтажных работ (высокопроизводительные методы и способы монтажа), создание новых монтажных машин и механизмов, повышающих производительность труда и снижающих

себестоимость работ; расширение ассортимента материалов сборных элементов, дальнейшее развитие и специализация предприятий стройиндустрии. Наиболее прогрессивным в настоящее время является монтаж блочным методом.

Этот способ монтажа предполагает выполнение проектирования мельниц в комплектно-блочном исполнении. Особенно эффективно применение блочного метода при проектировании типовых и повторяемых технологических установок и комплектных технологических линий. В сравнении с поставкой оборудования россыпью блочный метод сокращает затраты труда при монтаже на 80 %, повышается качество сборки, отпадает выверка каждой машины, входящей в блок, на фундаменте, упрощаются монтажные чертежи. Блочный метод монтажа теперь является основой скоростного поточного строительства мельниц.

При блочном методе монтажа предусматривают вертикальные связи, обеспечивающие жесткость блока при кручении.

При блочном методе монтажа производится предварительная заготовка и укрупнительная сборка отдельных блоков и узлов установки в монтажно-заготовительных мастерских монтажного участка. Затем эти блоки и узлы устанавливаются и соединяются между собой в помещении с минимальной затратой труда на месте монтажа.

Логическим развитием блочного метода монтажа явилось перенесение операций по сборке блоков на заводы-изготовители оборудования. Появились разработки новых конструкций мельничного оборудования, предусматривающие поставку их в виде собранных на заводе транспортабельных блоков с минимальным количеством деталей россыпью для соединения между собой блоков после их установки на место. Характерным примером такого подхода являются модульные мельницы, где подготовительное и размольно-сепарирующее отделения выполнены в виде блоков на рамах. Внутри этих отделений оборудование также разделено на отдельные блоки, позволяющие изменять направление материальных потоков в зависимости от планировки помещений.

При эксплуатации оборудования мельниц основное внимание должно уделяться повышению срока его службы и снижению эксплуатационных затрат. Известно, что эксплуатационные затраты в течение срока службы оборудования в 5-7 раз превышают его первоначальную стоимость.

Увеличение ресурса оборудования должно осуществляться прежде всего за счет повышения надежности. Главное направление этих работ – достижение равнонадежности сборочных единиц,



агрегатов и деталей. Это трудный путь поскольку в большинстве зерноперерабатывающих машин наиболее слабыми элементами являются резиновые и пластмассовые детали. Однако современные разработки в области полимеров и резинотехнических материалов показывают, что долговечность таких деталей может быть значительно повышена и приближена к деталям из цветных сплавов.

Увеличение ресурса мельничного оборудования также может быть повышено за счет применения современных конструкционных материалов и, прежде всего, низколегированных сталей и сплавов цветных металлов.

Снижение эксплуатационных расходов должно осуществляться за счет уменьшения времени и количества технологического оборудования. При равнонадежности элементов машины это вполне возможно. Кроме того существенное снижение затрат будет возможно при обязательном соблюдении параметров оборудования. Одним из основных направлений является точное и постоянное диагностирование текущих параметров машин и автоматическая их настройка. Это позволит исключить человека-наладчика из системы, передав ему только функции контролера.

Таким образом, автоматизация – один из основных путей снижения эксплуатационных затрат и повышения качества продукции мельниц.

Снижение затрат при ремонте машин возможно прежде всего при повышении ремонтпригодности. Это означает, что машины должны легко разделяться на блоки, что соединение этих блоков должно быть простое и надежное, обеспечивающее удобный подход инструментов и механизацию подобных работ. Эти задачи должны решаться еще на стадии проектирования.

При ремонте оборудования мельниц оборудование должно не просто восстанавливаться, но и модернизироваться с повышением качества и долговечности ремонтируемых СЕ и деталей. Одним из основных направлений является использование современных технологий машиностроения. Это замена механически обрабатываемых деталей на точное литье и штамповку, применение упрочняющих технологий, агрегатных станков с ЧПУ, использование автоматизированной сварки, гибких технологических систем и прочее.

Но это все-таки частные задачи. Глобальные задачи могут быть решены только при выполнении государственной программы «Пищевое машиностроение». В рамках реализации такой программы должны быть решены следующие задачи:

## Название дисциплины

– создано Министерство Пищевого машиностроения, подчиняющее все заводы пищевых машин, независимо от формы собственности;

– в рамках такого министерства должны быть воссозданы и созданы новые КБ и НИИ, разрабатывающие новые машины;

– НИИ и КБ должны разработать на 15 лет «Систему пищевых машин», охватывающую все отрасли производства продуктов. Параметры машины и их градация должны неукоснительно выполняться и контролироваться министерством (подобная система была создана в СССР в рамках Министерства тракторного и сельскохозяйственного машиностроения и называлась она «Система машин для сельского хозяйства». Для пищевых машин такой системы не было создано, да и министерства пищевого машиностроения не существовало, поскольку часть машин создавалась в рамках Министерств среднего машиностроения и судового машиностроения);

– отраслевые НИИ совместно с КБ должны разработать типовые проекты применения новых пищевых машин;

– обязать КБ и предприятия, выпускающие пищевые машины, создавать системы фирменного их обслуживания.

– создать систему заводов, занимающихся ремонтом машин, в рамках министерства – управление, координирующее подобную деятельность;

– создать в рамках министерства управление, контролирующее закупку импортного оборудования.

И только при реализации описанной выше программы могут быть созданы прогрессивные конкурентоспособные пищевые машины, отвечающие требованиям времени.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основные

1. Архангородский А.А. Монтаж и наладка оборудования элеваторов, зерноперерабатывающих и комбикормовых предприятий / А.А.Архангородский, М.А. Тартаковский. – М.: Стройиздат, 1974.

2. Беляев Л.М. Монтаж подъемно-транспортных механизмов / Л.М. Беляев. – М.: Стройиздат, 1983.

3. Бутковский В.А. Эксплуатация оборудования мельниц и

крупозаводов / В.А. Бутковский, Л.А. Гафнер и др. – М.: Колос, 1974.

4. Вайнберг А.А. Надежность оборудования предприятий по хранению и переработке зерна / А.А. Вайнберг. – Киев-Одесса: Головное издательство объединения «Вища школа», 1986.

5. Вайнберг А.А. Эксплуатационная надежность оборудования зерноперерабатывающих предприятий / А.А. Вайнберг, Л.И. Котляр. – М.: Колос, 1980.

6. Вайнберг А.А. Основы ремонта и монтажа оборудования предприятий по хранению и переработке зерна: учеб. пособие для вузов / А.А. Вайнберг, Л.И. Гросул. – М.: Колос, 1992.

7. Власов А.М. Оборудование зерноперерабатывающих предприятий: справочник / А.М. Власов. – М.: ДеЛи принт, 2003.

8. Гальперин Д.М. Монтаж оборудования пищевой промышленности / Д.М. Гальперин. – М.: Высшая школа, 1978.

9. Гальперин Д.М. Справочник по монтажу и наладке оборудования пищевой промышленности / Д.М. Гальперин. – М.: Агропромиздат, 1988.

10. Гальперин Д.М. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств: учеб. пособие для вузов / Д.М. Гальперин. – М.: Агропромиздат, 1990.

11. Демский А.В. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов: справочник / А.В. Демский, В.Ф. Веденеев. – М.: ДеЛи принт, 2005.

12. Демский А.В. Техническое диагностирование оборудования мукомольных заводов / А.В. Демский и др. – М.: Колос, 1984.

13. Илюхин В.В. Монтаж, наладка, диагностика, ремонт и сервис оборудования предприятий молочной промышленности / В.В. Илюхин, И.М. Тамбовцев, М.Я. Бурляев. – СПб.: ГИОРД, 2006.

14. Илюхин В.В. Монтаж, наладка, диагностика и ремонт оборудования предприятий мясной промышленности / В.В. Илюхин, И.М. Тамбовцев. – СПб.: ГИОРД, 2005.

15. Котляр Л.И. Основы монтажа, эксплуатации и ремонта технологического оборудования: учеб. пособие для вузов / Л.И. Котляр. – М.: Колос, 1977.

16. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования / Под ред. А.Н. Батищева. – М.: Колос, 2007.

17. Расчет такелажа. Методические указания к практикуму по дисциплине «Диагностика, ремонт, монтаж и сервисное обслуживание»

живание технологического оборудования» / Составители: И.А. Хозяев, Н.В. Гучева. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008.

18. Ремонт промышленного оборудования: иллюстрированное: учеб. пособие / Сост. Б.С.Покровский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.

19. Справочник по монтажу оборудования элеваторов, зерноперерабатывающих и комбикормовых заводов / Под ред. М.А. Тартаковского. – М.: Колос, 1983.

20. Тартаковский М.А. Ремонт и монтаж оборудования: учеб. пособие для сузов / М.А. Тартаковский, А.Г. Царёв. – М.: Агропромиздат, 1987.

21. Хозяев И.А. Научные основы и инженерные методы расчетов надежности сельскохозяйственных биотехнических систем «человек – машина – животное»: дис. д-ра техн. наук / И.А. Хозяев. – Ростов н/Д, 1984.

22. Яцков А.Д. Диагностика, монтаж и ремонт технологического оборудования пищевых производств / А.Д. Яцков, А.А. Романов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2006.

### **Дополнительные**

1. Авилова Л.И. Древнейшая история дорог и транспорта по данным археологии / Л.И.Авилова. – М.: Рус.Архив, 2006.

2. Андреева М.А. Пиво в обрядах и обычаях северорусских крестьян / М.А. Андреева // Этнографическое обозрение. – 2004. – №1.

3. Библия. Книги священного писания Ветхого и Нового Завета / Рос. библейское общ-во. – М., 2008.

4. Всеобщая история химии. – М.: Наука, 1980.

5. Геродот. История. в 9-ти кн. / под общ. ред. С.А. Утченко. – Л.: Наука, 1972.

6. Гранов Б.В. Ранний железный век / Б.В. Гранов. – М.: Наука, 1972.

7. Грессидер Д. Словарь символов / Д. Грессидер. – М.: Гранд, 2001.

8. Демин В.И. Гиперборея – праматерь мировой культуры / В.И. Демин. – М.: Гранд, 2003.

9. Дрейзен И.Т. История эллинизма: в 2 т. / И.Т. Дрейзен. – М.: ДеЛи принт, 2003. Т. 1.

10. Душенко В.И. Мысли и изречения древних с указанием

## Название дисциплины

источника. Древние греки. Древние римляне. Библия. Учителя церкви. Мудрецы Талмуда / В.И. Душенко. – М.: Эксмо, 2007.

11. Зайцев А.И. Мировая культура: Шумерское царство. Вавилон и Ассирия. Древний Египет / А.И. Зайцев, В.И. Лаптева. – М.: ОЛМА-пресс, 2000.

12. Знаменский А.И. Справочник металлиста / А.И. Знаменский. – М.: Машгиз, 1930.

13. История Древнего Рима: учеб. по спец «История». – М.: Высш.шк., 1994.

14. История Древней Греции: учеб. для вузов. – М.: Высш.шк., 1996.

15. История Европы с древнейших времен до наших дней: в 8 т. – М.: Наука, 1988. Т. 3.

16. История культуры Древней Руси. Домонгольский период. Материальная культура. – М.-Л.: АН СССР, 1948.

17. История механики с древнейших времен до конца XVIII века. – М.: Наука, 1971.

18. Климниченко Д. Величины и измерения / Д. Климниченко. – М.: Наука, 1961.

19. Книга Еноха. Апокрифы. – СПб., 2000.

20. Колгин Б.А. Черная металлургия и металлообработка в Древней Руси / Б.А. Колгин. – М.: АН СССР, 1953.

21. Костомаров М.И. Русская история в жизнеописаниях ее главнейших деятелей / М.И. Костомаров. – М.: Наука, 1987.

22. Крагельский И.В. Развитие науки о трении / И.В. Крагельский, В.С. Щедров. – М.: Наука, 1956.

23. Месхи Б.Ч. Хлеб наш насущный / Б.Ч. Месхи, И.А. Хозяев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010.

24. Мифы народов мира: в 2 т. – М.: Наука, 1988. Т. 2.

25. Моисеева Н.И. Время в нас и время вне нас / Н.И. Моисеева. – М.: Наука, 1991.

26. Морозов В.В. История инженерной деятельности / В.В. Морозов, В.И. Николаенко. – Харьков: НТУ, ХПГ, 2007.

27. Многовековая история пива /Статьи/Алкогольные напитки/История пива [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: alky.su.

28. Никонов А.И. Предсказание прошлого. Расцвет и гибель допотопной цивилизации / А.И. Никонов. – М.: Гранд, 2002.

29. Петроченков А. Пиво. Путеводитель / А. Петроченков. – М.: Изд-во ВВРГ, 2001.

30. Похлебкин В.И. История водки / В.И. Похлебкин. – М.:

Название дисциплины

Центрполиграф, 2005.

31. Раушенбах Б.В. Геометрия картины и зрительное восприятие / Б.В. Раушенбах. – М.: Интерфакс, 1994.

32. Раушенбах Б.В. Системы перспективы в изобразительном искусстве. Общая теория перспективы / Б.В. Раушенбах. – М.: Наука, 1986.

33. Сергиенко М.И. Простые люди древней Италии / М.И. Сергиенко. – М.: Мир, 2001.

34. Ситчин З. Двенадцатая планета / З. Ситчин. – М.: Эксмо, 2007.

35. Складов А.Ю. Обитаемый остров Земля / А.Ю.Складов. – М.: Вече, 2011.

36. Складов А.Ю. Цивилизация древних богов Египта / А.Ю. Складов. – М.: Вече, 2005.

37. Стрингольм А.М. Походы викингов / А.М. Стрингольм. – М.: Наука, 2003.

38. Ферсман А.Е. Занимательная геохимия / А.Е. Ферсман. – М.: Детгиз, 1954.

39. Хмелевский А.В. Паровоз: учебник для ПТУ / А.В. Хмелевский, П.И. Смушков. – М.: Виктория, 1997.

40. Хоул К. Энциклопедия примет и суеверий / К. Хоул. – М.: Крон-пресс, 2005.

41. Шабалин С.А. Измерения для всех / С.А. Шабалин. – М.: Детгиз, 1962.

42. Энциклопедия символов, знаков, эмблем. – М.: Мир, 1999.