

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальностям  
«Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве»,  
«Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства»*

Под редакцией В. П. Миклуша

Минск  
БГАТУ  
2013

УДК 631.173.4:636(07)  
ББК 34.751я7  
Т38

*Авторы:*

кандидат технических наук, профессор *В. П. Миклуш*,  
член-корреспондент НАН Беларуси,  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. В. Казаровец*,  
генеральный директор РО «Белагросервис» *Н. А. Лабушев*,  
старший преподаватель *В. М. Колончук*,  
инженер *М. В. Колончук*,  
кандидат технических наук, профессор *А. А. Науменко*

*Рецензенты:*

кафедра «Тракторы» Белорусского национального  
технического университета (зав. кафедрой, доктор технических наук,  
профессор *В. П. Байков*);  
зав. лабораторией технического сервиса  
в АПК РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
кандидат технических наук *В. К. Клыбик*

**Технический сервис машин и оборудования в животноводстве :**  
Т38 учебное пособие / В. П. Миклуш, Н. В. Казаровец, Н. А. Лабушев  
[и др.] ; под ред. В. П. Миклуша. – Минск : БГАТУ, 2013. – 448 с.  
ISBN 978-985-519-577-2.

В пособии изложены организационно-технологические основы технического сервиса машин и оборудования в животноводстве, рассмотрены методы и стратегии обеспечения их работоспособности, технологии монтажных, диагностических и ремонтно-обслуживающих работ.

Пособие предназначено для студентов, слушателей ФПК, инженерно-технических работников АПК, специалистов научно-исследовательских и проектных организаций; а также для преподавателей и учащихся учреждений, обеспечивающих получение среднего специального образования по соответствующим специальностям.

УДК 631.173.4:636(07)  
ББК 34.751я7

ISBN 978-985-519-577-2

© БГАТУ, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ</b> .....	8
1.1. Объективные предпосылки к необходимости развития технического сервиса .....	8
1.2. Особенности использования и технического обслуживания машин и оборудования в животноводстве .....	19
1.3. Управление техническим состоянием машин и оборудования .....	26
1.4. Материальная база технического сервиса .....	35
1.5. Совершенствование системы технического сервиса .....	51
<b>2. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ</b> .....	59
2.1. Организация и технология монтажных работ .....	59
2.2. Диагностика кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования .....	71
2.3. Техническое обслуживание кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования .....	82
2.4. Ремонт кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования .....	86
<b>3. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОПОЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ</b> .....	99
3.1. Организация и технология монтажных работ .....	99
3.2. Диагностика оборудования водопоеения и водоснабжения .....	104
3.3. Техническое обслуживание оборудования водопоеения и водоснабжения .....	106
3.4. Ремонт оборудования водопоеения и водоснабжения .....	109
<b>4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b> .....	120
4.1. Организация и технология монтажных работ .....	120
4.2. Диагностика доильных установок .....	131
4.2.1. Оценка производительности вакуумных насосов .....	131
4.2.2. Оценка засоренности и герметичности молочно-вакуумных систем .....	147
4.2.3. Параметры пульсационных циклов доильных аппаратов .....	166
4.3. Техническое обслуживание доильных установок .....	177
4.3.1. Техническое обслуживание вакуумных насосов .....	177
4.3.2. Техническое обслуживание молочно-вакуумных систем .....	183
4.3.3. Техническое обслуживание доильных аппаратов .....	188
4.4. Ремонт вакуумных насосов .....	196
4.5. Ремонт молочно-вакуумных систем .....	220
4.6. Ремонт доильных аппаратов .....	226

<b>5. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА</b> ....	233
5.1. Организация и технология монтажных работ .....	233
5.2. Диагностика холодильного контура .....	239
5.2.1. Диагностика механических элементов .....	239
5.2.2. Диагностика жидких и газообразных компонентов .....	254
5.2.3. Диагностика масляной системы .....	265
5.3. Техническое обслуживание холодильного контура .....	271
5.3.1. Удаление неконденсирующихся газов и влаги .....	271
5.3.2. Заправка и откачка хладагента .....	274
5.3.3. Замена и дозаправка масла .....	279
5.4. Техническое обслуживание оборудования для первичной обработки молока .....	284
5.5. Ремонт оборудования для охлаждения и первичной обработки молока .....	287
5.5.1. Ремонт составных частей оборудования .....	287
5.5.2. Регенерация масла и хладагента .....	321
5.5.3. Ретрофит .....	330
5.5.4. Регулирование производительности установок .....	334
<b>6. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА</b> .....	361
6.1. Организация и технология монтажных работ .....	361
6.2. Диагностика и техническое обслуживание оборудования для удаления навоза .....	367
6.3. Ремонт оборудования для удаления навоза .....	371
<b>7. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА И УХОДА ЗА ЖИВОТНЫМИ</b> .....	378
7.1. Организация и технология монтажных работ .....	378
7.2. Диагностика оборудования для создания микроклимата и ухода за животными .....	383
7.3. Техническое обслуживание оборудования для создания микроклимата и ухода за животными .....	392
7.4. Ремонт оборудования для создания микроклимата .....	398
7.5. Ремонт стригальных машинок .....	400
<b>8. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЕГО ХРАНЕНИИ</b> .....	407
8.1. Правила хранения и техническое обслуживание оборудования .....	407
<b>9. ОБНОВЛЕНИЕ ПАРКА МАШИН И ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ</b> .....	411
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	421
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> .....	423

## ВВЕДЕНИЕ

Животноводство является важнейшей отраслью сельскохозяйственного производства в республике. На долю животноводства и кормопроизводства приходится свыше 65 % производственных фондов сельскохозяйственных предприятий и около 70 % трудовых ресурсов села. В экспортной составляющей сельскохозяйственной продукции 90 % приходится на продукцию животноводства, в том числе на молоко и молочные продукты – свыше 60 %.

Аграрная политика государства ориентирует производителей и потребителей животноводческой продукции на высокие наукоемкие технологии и отечественные экологически чистые продукты питания. Главными задачами развития отрасли считаются: всемерное углубление специализации и концентрации производства, постепенный перевод ее на индустриальную основу с учетом применения новой техники и инновационных технологий.

Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 гг. направлена на реализацию конкретных мероприятий: реконструкция и техническое перевооружение молочно-товарных ферм, свиноводческих комплексов, комплексов по откорму КРС и птицефабрик с внедрением новейшего оборудования для содержания животных и птицы, доения коров и первичной переработки молока, приготовления и раздачи кормов, совершенствование систем регулирования микроклимата в помещениях и навозоудаления, – и предусматривает производство на этих мощностях не менее 80 % молока, 90 % свинины и мяса птицы, 50 % говядины (от общего объема производства видов продукции в республике).

Основным критерием оценки эффективности технического сервиса машин и оборудования в животноводстве является обеспечение требуемого уровня работоспособности различных групп технических средств и надежности выполнения технологических режимов функционирования объектов животноводства с минимальными

затратами материальных, трудовых и финансовых ресурсов, исключение перерывов (сверх установленных нормативных значений), приводящих к ущербу от снижения продуктивности, ухудшению качества продукции, гибели животных, нарушению ветеринарно-санитарных и экологических норм и требований.

Высокий уровень сложности машин и оборудования в животноводстве, требования к качеству выполняемых ими технологических процессов обуславливают необходимость разработки эффективной стратегии обеспечения их работоспособности в течение всего периода эксплуатации, что достигается оптимальным постороением ремонтно-обслуживающей базы в инфраструктуре АПК.

На современном этапе и в перспективе наиболее эффективной является стратегия технического обслуживания и ремонта машин и оборудования, предусматривающая управление их техническим состоянием по результатам диагностирования. При этом значительное внимание уделяется мерам профилактического характера, направленным на максимально возможное уменьшение случаев нарушения работоспособности машин и оборудования. На основании измеренных параметров их технического состояния своевременно должен осуществляться предупредительный (упреждающий) ремонт составных частей, пока он не трудоемок, не осложнен и не потребует значительных затрат ресурсов и длительного простоя машин и оборудования.

В настоящее время на рынках дальнего и ближнего зарубежья имеются специальное оборудование и приборы для диагностики неисправностей, проверки качества выполнения ремонтно-обслуживающих работ. При определении дефектов используется портативная диагностическая аппаратура, а при выполнении ремонта – специальное малогабаритное оборудование и технологическая оснастка. Применение современных средств технической диагностики, предназначенных для технического сервиса машин и оборудования в животноводстве, позволяет оперативно и с большой точностью диагностировать причины отказов при эксплуатации, повысить качество выполнения ремонтно-обслуживающих работ.

Уровень развития животноводческой отрасли в значительной мере зависит от ее кадровой обеспеченности, качества подготовки специалистов и состояния инженерно-технической базы в животноводстве. Выпускники агроинженерных специальностей должны

обладать достаточными знаниями в области техники и технологии производства продукции животноводства, знать и применять правила эксплуатации и монтажа оборудования, методы технического обслуживания и ремонта машин.

В учебном пособии рассмотрен отечественный и зарубежный опыт технического сервиса машин и оборудования в животноводстве, включая технологии монтажных работ, диагностирование, техническое обслуживание и ремонт технических средств. Особое внимание сосредоточено на практических проблемах, с которыми приходится сталкиваться специалистам в их производственной деятельности. Предложены творческие инженерные задачи, способствующие развитию конструкторской смекалки, необходимой инженерам, изобретателям и рационализаторам.

## **1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

### **1.1. Объективные предпосылки к необходимости развития технического сервиса**

Рост производства продукции животноводства невозможно обеспечить без повышения эффективности использования машин и оборудования. Немаловажную роль в решении этой задачи играет технический сервис. В технической литературе понятие «технический сервис» появилось сравнительно недавно. Это связано с тем, что в экономике бывшего СССР существовала внутриотраслевая специализация по техническому обслуживанию и ремонту технических средств, в рамках которой одни предприятия производили технику и запасные части, другие – выполняли услуги (в основном централизованно) по снабжению необходимой техникой, агрегатами, узлами, запасными частями, третьи – производили техническое обслуживание и ремонт техники, четвертые – готовили специалистов. Таким образом, в целой совокупности предприятий, занимающихся техническим сервисом, существовала узкая специализация.

С переходом к рыночным отношениям эти предприятия стали терять строго направленную специализацию и начали оказывать другие услуги по техническому сервису. Кроме того, рыночные отношения потребовали комплексного удовлетворения потребностей, возникающих у клиентов. Таким образом, в ответ на требования рынка и возник технический сервис, который, в отличие от существовавшего раньше технического обслуживания и ремонта, реализуемого через отдельные функции, представляет собой целый комплекс услуг.

Технический сервис представляет собой совокупность услуг и работ по обеспечению эффективного использования по назначению и поддержания машин и оборудования в исправном состоянии в течение всего срока службы (или ресурса).

Совокупность взаимосвязанных средств, нормативной документации и исполнителей услуг и работ по обеспечению эффективного использования по назначению и поддержанию машин и оборудования в исправном состоянии в течение всего срока службы или ресурса образует систему технического сервиса.

Современный «промышленный» мир – это жесткая конкуренция фирм и предприятий в производстве и сбыте продукции. В различных отраслях промышленности происходит постоянная борьба за покупателя. При этом в ход идет все: новейшие научные достижения, современный дизайн, агрессивная реклама и т. д., вплоть до засекречивания информации и промышленного шпионажа.

Совокупность услуг, связанных со сбытом и использованием продукции, является основным условием конкурентоспособности фирм. Покупателю нужен сервис, а это означает, что производитель должен дать ответ на следующие вопросы:

1. Что произойдет, если по какой-либо причине машина (оборудование) выйдет из строя?

2. Каким образом, за какое время и кем будет устранена неисправность?

3. Какие потребуются средства на устранение отказов и возмещение возможных потерь продукции?

4. Какие затраты понесет производитель, если оборудование не будет работать?

Возрастающее значение сервиса для потребителей машин и оборудования в животноводстве обуславливается следующими факторами:

– рост сложности машин и оборудования, требующей квалифицированного эксплуатационно-ремонтного персонала;

– темпы морального старения оборудования, связанные с ускорением научно-технического прогресса и необходимостью проведения вынужденной модернизации;

– ужесточение нормативных показателей качества технологического оборудования вследствие изменения ситуации в отношениях между потребителем и производителем;

– истощение природных сырьевых ресурсов и возрастание роли вторичных ресурсов.

С повышением энергонасыщенности машин и оборудования и их конструктивной сложности возрастают объемы и номенклатура работ по техническому сервису, повышаются требования

к технологии выполнения этих работ; увеличивается потребность в диагностическом и ремонтно-технологическом оборудовании, приборах, приспособлениях и инструменте, организации работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Существует ряд общепринятых норм, соблюдение которых предостерегает фирму, производящую машины и оборудование, или дилера (посредника) от ошибок в процессе организации технического сервиса:

1. *Обязательность предложения.* В глобальном масштабе фирмы (компании), которые производят высококачественные изделия (машины, оборудование), но плохо обеспечивают их сопутствующими услугами, ставят себя в очень невыгодное положение.

2. *Необязательность использования.* Фирма не должна навязывать покупателю сервисные услуги.

3. *Эластичность сервиса.* Пакет сервисных услуг фирмы может быть разносторонним: от минимально необходимых – к максимально целесообразным.

4. *Удобство сервиса.* Сервис должен предоставляться в том месте, в то время и в такой форме, которые устраивают покупателя.

5. *Техническая адекватность сервиса.* Сельскохозяйственные предприятия интенсивно оснащаются новейшей техникой, созданной на основе более сложных инновационных технологий изготовления. В этой связи технологии сервиса должны быть адекватны техническому уровню современных машин и оборудования. В противном случае трудно рассчитывать на необходимое качество технического сервиса. Это обуславливает необходимость разработки и внедрения соответствующих технологий и оборудования для дилерских центров.

6. *Информационная отдача сервиса.* Руководство фирмы-производителя обязано реагировать на информацию, получаемую от службы технического сервиса относительно использования машин и оборудования в конкретных условиях эксплуатации, показателях надежности, оценках и мнениях потребителей, организации сервиса у конкурентов и т. п.

7. *Рациональная ценовая политика в сфере технического сервиса.* Сервис должен быть не столько источником дополнительного дохода, сколько стимулом для приобретения продукции фирмы и инструментом укрепления доверия у покупателей.

8. *Гарантированное соответствие производства и техническо-го сервиса.* Добросовестное отношение к потребителю, при котором производитель обязан сопоставлять свои производственные мощности с возможностями сервиса и никогда не создавать клиенту условия по принципу «обслужи себя сам».

Система технического сервиса машин и оборудования в животноводстве должна быть направлена на оказание следующих видов работ и услуг:

1. Консультирование потенциальных потребителей перед приобретением ими машин и оборудования данного предприятия-изготовителя, что позволяет им сделать осознанный выбор.

2. Подготовка обслуживающего технического персонала потребителя к наиболее эффективной и безопасной эксплуатации приобретенной техники.

3. Передача необходимой технической документации, позволяющей специалистам животноводческой фермы (комплекса) должным образом выполнять свои функции.

4. Предпродажная подготовка машин и оборудования для обеспечения низкой вероятности отказа их в работе во время демонстрации потенциальному покупателю.

5. Доставка машин и оборудования на место эксплуатации таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность их повреждения в дороге.

6. Приведение техники в рабочее состояние на месте эксплуатации (установка, монтаж) и демонстрация его работникам фермы в действии.

7. Обеспечение высокого уровня готовности оборудования к эксплуатации в течение всего срока использования его потребителем.

8. Оперативное снабжение запасными частями и развитие для этого необходимой сети складов, организация взаимодействия с изготовителями запасных частей.

9. Сбор и систематизация информации об эксплуатации техники потребителями (условия, длительность, квалификация персонала и т. п.) с учетом имеющихся замечаний, жалоб, предложений.

10. Сбор и систематизация информации о том, как осуществляют работы (услуги) технического сервиса конкуренты, какие нововведения и дополнительные услуги сервиса они предлагают потребителям машин и оборудования.

11. Участие в совершенствовании конструкции и модернизации техники на основе получаемой информации (см. пп. 8, 9).

12. Помощь службе маркетинга предприятия-изготовителя в анализе и оценке рынков, потребителей и продукции.

13. Формирование постоянной клиентуры рынка по принципу: «Вы покупаете наши машины и оборудование и используете их – мы делаем все другое».

Таким образом, проведение технического сервиса включает многообразные виды услуг и работ, без которых невозможно обеспечить нормальное функционирование машин и оборудования.

По временным параметрам сервис подразделяется на предпродажный и послепродажный, а последний – на гарантийный и послегарантийный.

*Предпродажный сервис* связан с подготовкой изделия для представления потенциальному или реальному потребителю. Предпродажный сервис всегда бесплатный и содержит следующие основные элементы:

- проверка (осмотр);
- консервация;
- комплектация необходимой технической документацией, инструкциями о монтаже, пуске, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте и т. д.;
- расконсервация и проверка перед продажей;
- демонстрация;
- консервация и передача потребителю.

*Послепродажный сервис* разделяется на гарантийный и послегарантийный по формальному признаку: бесплатно (в первом случае) или за плату (во втором) выполняются предусмотренные сервисным перечнем работы. Формальность здесь проявляется в том, что стоимость работ, запасных частей и материалов в гарантийный период входит в продажную цену или в другие (послегарантийные) услуги.

*Гарантийный сервис* включает в себя принятые на этот период виды ответственности, которые зависят от продукции, заключенного договора и политики конкурентов, и может предоставлять следующие услуги:

- расконсервацию перед использованием;
- монтаж и пусконаладочные работы;

- проверку и настройку;
- обучение эксплуатационного персонала;
- обучение ремонтного персонала технологиям технического сервиса;
- контроль изделия в процессе эксплуатации;
- осуществление технического обслуживания в соответствии с установленным регламентом;
- осуществление (при необходимости) ремонта;
- снабжение запасными частями.

*В послегарантийный период* сервис потребителей машин и оборудования включает ряд услуг, сопоставимых с гарантийным периодом эксплуатации. Вместе с тем необходимо обязательно обеспечить выполнение следующих требований:

- контроль технических средств в процессе эксплуатации;
- снабжение запасными частями;
- выполнение ремонтно-обслуживающих работ;
- оказание других видов технической помощи;
- обучение персонала (операторов, мастеров-наладчиков, слесарей и др.) специалистами по техническому сервису.

Существенное отличие послегарантийного сервиса заключается в том, что он осуществляется за оплату, а его объем и цены определяются условиями контракта (договора) на данный вид работ (услуг), прейскурантами и другими подобными документами.

Стратегия послепродажного обслуживания предполагает принятие серии взаимосвязанных ключевых решений, которые определяются тремя параметрами, характеризующими совокупное предложение услуг, поставляемых на рынок (разработка продукции; планирование обслуживания; установление системы управления предложенными услугами на весь период их жизненного цикла):

1. При разработке изделия необходимо в максимальной степени учитывать проблемы, связанные с его сервисом (расчетную стоимость технического обслуживания, модульное проектирование, интеграцию систем автодиагностики и дистанционного обслуживания, возможность восстановления изделия в будущем и расчетный коэффициент надежности).

2. Планирование обслуживания (сервиса), включающее определение объема услуг и уравнивание различных составных элементов смешанного сервиса, сегментацию предложенных услуг,

услуги конкурирующих фирм по сервису оборудования, а также желательный уровень качества всех оказываемых услуг.

3. На протяжении жизненного цикла услуг система управления ими должна изменяться в соответствии с возлагаемыми на них экономическими задачами: прямая и косвенная рентабельность, способы оплаты, установление или отказ от сотрудничества в сфере технического сервиса, интеграция или дифференциация функций услуг и определение адекватной политики по наделению представителей предприятий полномочиями и мотивации их деятельности.

Таким образом, тщательное формулирование конкурентоспособной стратегии сервиса предполагает учет всех связей между тремя видами деятельности, которые, собственно, и определяют характер «товара», отвечающего новым ожиданиям потребителей. Наконец, комбинация и содержание принимаемых ключевых решений должны определяться в зависимости от способов участия предприятия в конкурентной борьбе.

Фирма-производитель начинает получать прибыль от предоставления услуг с момента монтажа оборудования, причем до 95 % прибыли фирма получает в течение последних двух этапов. При этом на рост доходов и, соответственно, на прибыль оказывают влияние такие факторы:

- расходы на приобретение запасных частей;
- затраты на ремонт с увеличением срока службы оборудования;
- рост цен на предоставляемые услуги в связи с необходимостью подготовки технического персонала.

Другими словами, на время, когда жизненный цикл товара будет находиться на этапе убывания, жизненный цикл услуг будет только входить в этап быстрого роста. Следовательно, вначале предприятие получает прибыль непосредственно от продажи самого товара, а затем (при умелом управлении) – при предоставлении сопутствующих ему услуг.

Получению прибыли на этих этапах могут воспрепятствовать следующие факторы:

- рост числа отказов с увеличением срока службы оборудования (особенно это касается механического и электромеханического оборудования);
- увеличение уровня заработной платы работников сферы сервиса при отсутствии роста цен на предоставляемые клиентам услуги;

- недостаточный уровень управления системой распределения запасных частей и организации ремонтных работ;
- нерациональное размещение сети сервисных центров в регионе;
- потери, связанные с недостатками в работе специалистов, выполняющих сервисные услуги.

Одним из основных преимуществ в конкурентной борьбе в сфере послепродажного обслуживания является такое проектирование оборудования, которое позволяет осуществлять быструю замену механических, электрических или гидравлических модулей, а также встраивать системы автоматической диагностики.

При модульном проектировании необходимо учитывать два параметра. С одной стороны, следует дать оценку возможного сокращения сроков ремонта оборудования, а с другой – необходимо сравнить уровень рентабельности обслуживания (ремонта), основанного на замене модулей, с традиционной системой, которая заключается в ремонте оборудования на месте.

Возможности будущей модернизации или восстановления также находятся на стыке обслуживания и проектирования продукции. Модернизация оборудования представляет собой серьезную задачу, подобную его промышленному производству. В этом случае сырьем является уже изготовленный продукт, который был в использовании, но сохранил еще некоторый потенциал. При этом оборудование полностью демонтируется, а затем монтируется после замены или восстановления изношенных деталей и узлов. Модернизированное оборудование должно иметь эксплуатационный потенциал, сравнимый с потенциалом нового оборудования.

Таким образом, политика в области технического сервиса охватывает систему действий и решений, связанных с созданием у потребителя убеждения, что с покупкой конкретного изделия или комплекса он гарантирует себе надежные тылы и может концентрироваться на своих основных обязанностях. При этом для формирования конкурентоспособной маркетинговой сервисной политики еще на этапе разработки изделия необходимо:

- изучить потребительский спрос на рынках в той его части, которая связана с принятыми у конкурентов формами, методами и условиями сервиса аналогичных изделий;
- провести систематизацию, анализ и оценку собранной информации для выбора оптимального решения по организации сервиса;

- разработать варианты решений с учетом особенностей изделия, рынка и целей организации;
- провести сравнительный анализ разработанных вариантов;
- обеспечить участие специалистов по сервису в проектно-конструкторской деятельности для совершенствования и модернизации изделия с учетом последующего его технического сервиса.

*Фирменный технический сервис* можно определить как систему взаимоотношений между изготовителем и потребителем, которая характеризуется личным участием изготовителя в обеспечении эффективного использования и поддержании машин и оборудования в постоянной технической готовности в течение всего срока службы.

Основными преимуществами фирменного технического сервиса являются:

- возможность повышения уровня индустриализации работ по техническому обслуживанию и ремонту на основе применения современного диагностического, ремонтно-технологического оборудования и оснастки, рекомендуемого фирмой-изготовителем;
- осуществление постоянного мониторинга качества изделий на всех этапах их жизненного цикла и повышение на этой основе эффективности конструкторских решений;
- предоставление потребителям комплекса услуг, связанных с консультированием по эксплуатации техники, обеспечением запасными частями, информацией о технических новинках;
- рационализация процессов утилизации оборудования, которое отработало свой срок, и усиление на этой основе ориентации на источники вторичных ресурсов при изготовлении продукции.

Таким образом, в случае наиболее полной реализации фирменный сервис включает ряд элементов, которые отражают жизненный цикл изделия с момента его изготовления до момента выбытия из эксплуатации (рис. 1.1).

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства одной из объективных предпосылок развития технического сервиса животноводческого оборудования является то, что значительное его количество отслужило 2–3 нормативных срока (5–7 лет) и требует полной замены.

Более 65 % применяемых средств механизации процессов производства молока, мяса говядины и свинины находятся за пределами

амортизационного срока, а 45 % оборудования для выращивания ремонтного молодняка птицы, клеточного содержания цыплят-бройлеров и обеспечения микроклимата птицеводческих ферм требует замены.



Рис. 1.1. Фирменный технический сервис машин и оборудования в течение их жизненного цикла

Диспропорция сроков обусловлена спецификой эксплуатации оборудования, состоящего из восстанавливаемых объектов длительного применения. Стоимость новых покупных составных частей накладывается на себестоимость продукции, увеличивает эксплуатационные затраты. Поэтому срок службы оборудования животноводческих ферм представляет собой суммарную продолжительность межремонтных периодов условного оборудования, находящегося на балансе хозяйства, как правило, под одним хозяйственным номером. Эксплуатация физически и морально устаревшего оборудования увеличивает затраты труда и потери продукции до 40 %, что приводит к нерентабельной работе ферм.

Ежегодно обновляется не более 3 % парка машин вместо 14–20 % по нормативам. Использование машин и оборудования сверх амортизационных сроков влечет за собой повышенный расход средств на поддержание их в работоспособном состоянии. В современных экономических условиях затраты заводов-изготовителей техники для животноводства составляют 15–30 % всех денежных средств, расходуемых на изготовление и поддержание ее в работоспособном состоянии в течение всего срока службы, а 70–85 % затрачивают товаропроизводители в процессе эксплуатации. Фактические затраты на эксплуатацию по основным типам машин и оборудования в животноводстве равны или превышают цену их приобретения.

Развитие многоукладности производства, переход к рыночным отношениям вызвали изменение условий использования средств механизации и автоматизации технологических процессов. Сельскохозяйственное производство (как коллективное, так и фермерское) может успешно развиваться только при условии тесной связи с рыночной сферой. Создание таких условий должно сказаться на товарообмене реализуемой товаропроизводителями сельхозпродукции и промышленных ресурсов и услуг на основе паритета цен.

Технический сервис базируется на следующих основных принципах:

1. Приоритет интересов потребителей и удовлетворение их потребностей при условии свободного выбора сервиса. Данный принцип базируется на обоюдной заинтересованности субъектов технического сервиса в оказании и получении услуг.
2. Строгие гарантийные обязательства, экономическая заинтересованность, юридическая и материальная ответственность как производителей, так и продавцов техники и исполнителей технического сервиса. В основе экономического взаимодействия субъектов технического сервиса лежит добровольность и взаимная выгода услуг технического сервиса. Работы технического сервиса выполняются на основе добровольно заключенных договоров.
3. Использование методов маркетинга в деятельности организаций технического сервиса с целью расширения сферы оказываемых услуг и удовлетворения постоянно растущих требований потребителей.
4. Кадровое обеспечение всего комплекса услуг технического сервиса. Одним из основных приоритетов в формировании

конкурентоспособных предприятий отечественной экономики является их кадровое обеспечение. Подготовка рабочих, техников, инженеров и научных работников для всех отраслей имеет большое практическое значение. Уровень профессиональной подготовки специалистов определяет успехи и неудачи предприятий, отрасли.

5. Защита пользователей машин от внутренней и внешней монополии изготовителей машин и оборудования. Монополизм изготовителей техники может проявляться в низкой технической надежности техники, дефиците запасных частей, в диспаритете цен на машины, оборудование, энергоресурсы. Для создания положительной репутации и расширения объема продаж оборудования изготовители организывают рекламу, продажу и сопровождение своей продукции, обеспечивая ее эффективное использование, хранение и исправность на протяжении всего периода эксплуатации. С этой целью изготовители создают дилерские предприятия, центры фирменного технического сервиса, торговые дома, дочерние сервисные фирмы.

6. Государственное регулирование и поддержка технического сервиса.

## **1.2. Особенности использования и технического обслуживания машин и оборудования в животноводстве**

Эксплуатация машин в животноводстве совмещает два самостоятельных и взаимообусловленных процесса: использование по назначению и техническое обслуживание оборудования ферм, комплексов и птицефабрик. Взаимообусловленность – это рациональное использование, которое уменьшает физический износ оборудования, объем работ на его устранение и эксплуатационные расходы производства, а качественное техническое обслуживание обеспечивает высокую надежность и постоянную работоспособность этого оборудования. Организационной основой использования машин является система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машин в животноводстве. Процесс использования машин и оборудования ферм при производстве продукции животноводства (молоко, мясо, яйца, шерсть) совмещает подготовку и включение машин в работу, выполнение технических регулировок рабочих органов, поддержание заданных режимов работы.

Эффективность эксплуатации заключается в установлении максимально возможной загрузки машин и оборудования, оптимизации режимов и условий работы, соблюдения правил, которые определены заводами-изготовителями в инструкциях по эксплуатации. В процессе эксплуатации происходит физический износ машин, они постепенно теряют свою работоспособность, которая должна периодически возобновляться при техническом обслуживании и ремонте.

Машины и оборудование животноводческих ферм и условия их работы по сравнению с другой сельскохозяйственной техникой имеют ряд особенностей. Многим машинам присущи большие размеры и стационарный характер использования. Например, доильные установки, транспортеры для раздачи кормов и уборки навоза имеют большие габаритные размеры и неподвижную установку на фундаментах. На таких технологических линиях невозможно производить замену отказавших машин и оборудования на резервные, поскольку их замена займет несколько дней, в то время как предельно допустимое смещение процессов доения коров от времени, которое установлено технологическим регламентом, не должно превышать 3 ч, кормоприготовление, кормление и поение животных – 3,5 ч, уборка навоза – 8 ч. Отсутствие такого резерва требует исключительно высокого уровня надежности и безотказности машин и оборудования (для доения коров, кормления животных, уборки навоза, для инкубации яиц, вентиляции и др.), а также оперативности и мобильности службы технического обслуживания и ремонта при устранении отказов.

Следует также учитывать, что стационарные машины и оборудование ферм, установленные внутри животноводческих помещений, испытывают действие микроклимата с повышенным содержанием углекислого газа, аммиака, влаги, поэтому чаще выходят из строя. В первую очередь это касается электродвигателей и пускозащитной электроаппаратуры. Из-за недостаточно квалифицированного технического обслуживания ежегодно выходят из строя 30 % электродвигателей. Фактический срок их службы составляет лишь 3–4 года при норме 7 лет.

Большое влияние на скорость физического изнашивания машин и оборудования на фермах оказывает снижение температуры в помещениях. Это обусловлено тем, что даже при незначительной постоянной влажности воздуха и низкой температуре на поверхности

металлических частей машин и оборудования образуется конденсат и активизируется процесс атмосферной коррозии. С повышением температуры в помещении конденсация влаги уменьшается, процесс атмосферной коррозии замедляется. Это необходимо учитывать при использовании машин и оборудования на животноводческих фермах.

Несмотря на жесткие условия работы, требующие высокой надежности машин и оборудования, многие из которых являются несовершенными по конструкции, имеют низкую износостойкость и требуют больших затрат труда и времени на техническое обслуживание и ремонт. Кроме того, важной особенностью использования машин и оборудования на фермах является то, что они должны работать ежедневно, непрерывно, круглосуточно, строго в отведенный отрезок времени технологического процесса. Недостаточная техническая подготовка работников ферм приводит к тому, что некоторые машины используются со значительными недогрузками или перегрузками. Например, из-за недостаточной профессиональной подготовки многие операторы машинного доения осуществляют доение коров при низком уровне вакуума и малой частоте пульсаций. Навозоуборочные транспортеры значительную часть времени работают с большими перегрузками, что приводит к поломке скребков, разрыву цепей и преждевременному износу деталей приводных станций и натяжных устройств, а также электропривода.

В процессе эксплуатации постепенно изменяется техническое состояние машин и механизмов, их поверхность покрывается пылью, грязью, ржавчиной, ослабляются крепежные соединения, увеличиваются зазоры в соединениях вследствие их изнашивания, уменьшается прочность других деталей. Исследованиями установлено, что и на фермах с малой концентрацией животных использование более производительной техники экономически оправдано, даже если она будет менее загружена.

В настоящее время деятельность инженерно-технических служб хозяйств и ремонтно-обслуживающих предприятий в основном оценивается показателем безотказности, который характеризует работоспособность машин и оборудования животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик.

Безотказность – свойство машины сохранять работоспособность в течение определенной наработки без вынужденных перерывов

(отказов). При этом под отказом понимают событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта. Показатели безотказности оцениваются величиной наработки на отказ и вероятности безотказной работы машины. Наработка на отказ – отношение наработки новой или восстановленной машины к числу ее отказов в течение этой наработки. Значение наработки на отказ существенно зависит от времени использования машины, так как с увеличением наработки машины изменяется характер потока отказов. В качестве показателя безотказности используется практически средняя наработка на отказ.

Плановость системы технического обслуживания состоит в том, что все виды технического обслуживания в животноводстве осуществляются в обязательном порядке в календарные сроки, которые определяются объемами выполненных работ или количеством отработанных часов. Например, для смазывания стенок внутренней поверхности корпуса и пластин ротора вакуумного насоса доильной установки необходимо ежедневно перед доением, т. е. периодически, через несколько часов, доливать масло в масленку.

Систематизация работ с учетом сроков службы конструктивных элементов машин позволила определить виды (ежедневное и периодическое № 1 и № 2 техническое обслуживание, техническое обслуживание при подготовке к хранению и после хранения), а также общую периодичность технического обслуживания для каждой марки машин и оборудования, что упрощает планирование данных работ и облегчает контроль их выполнения.

Технической и организационной основой плано-предупредительной системы является принудительное выполнение операций технического обслуживания машин и производство ремонтных работ по мере возникновения в этом реальной необходимости. Организационно-структурная схема технического обслуживания и ремонта животноводческого оборудования приведена на рис. 1.2.

На схеме видно, что техническая исправность механизмов обеспечивается комплексом ремонтно-обслуживающих воздействий, различающихся между собой сложностью работ и необходимым набором оборудования и специальных инструментов. Капитальный ремонт агрегатов и узлов проводят специализированные предприятия и цеха (станции технического обслуживания) районного и областного уровней. Районное агросервисное предприятие выполняет периодическое

техническое обслуживание и текущий ремонт в соответствии с договорными обязательствами. Хозяйства осуществляют ежедневное техническое обслуживание оборудования и устраняют простейшие неисправности. Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) включает операции по наружной очистке, проверке креплений, устранению течи, смазке узлов и агрегатов, проверке уровня масла, а также ряд других операций, предусмотренных правилами эксплуатации машин. Его, как правило, проводят в конце смены или после окончания работы машин. При этом основные операции ЕТО выполняются операторами, работающими на оборудовании, а наиболее сложные – слесарем фермы.



Рис. 1.2. Организационно-структурная схема технического обслуживания и ремонта животноводческого оборудования

Периодическое техническое обслуживание включает все операции ЕТО и ряд дополнительных операций, направленных на поддержание машины в работоспособном состоянии. Это – замена масла, регулировка подшипников и передач всех видов, проверка надежности пускозащитной аппаратуры, если необходимо, герметичности, и другие операции. Допускается выполнение некоторых работ в перерывах и по окончании рабочей смены. Периодичность технического обслуживания доильного и холодильного оборудования, предназначенного для работы в едином технологическом комплексе, должна совпадать или быть кратной периодичности ТО всего комплекса, а периодичность ТО комплектующих изделий – совпадать с периодичностью ТО основного оборудования. Периодические ТО-1 (ежемесячно), ТО-2 (раз в полгода) выполняют члены звена слесарей под руководством мастера-наладчика или специализированные звенья мастеров-наладчиков районных агросервисных предприятий по договорам с хозяйствами в перерывах технологических процессов содержания животных через 30–90 дней работы. Однако при эксплуатации оборудования допускаются отклонения от установленной периодичности в пределах 10 %.

Периодические технические осмотры проводят 1–2 раза в год с целью проверки технического состояния машин и оборудования и выявления потребности в ремонте. Технический осмотр заключается в определении технического состояния и комплектности машин и оборудования, остаточного ресурса их составных частей путем применения контрольно-измерительных приборов и средств технической диагностики. Он проводится в зависимости от характера использования и загрузки машин и оборудования, а также особенностей технологии содержания животных в соответствии с требованиями ремонтно-эксплуатационной документации и планами проверок. В проведении периодического технического осмотра в присутствии заведующего фермой и слесаря должны участвовать представитель Главгостехнадзора, главный инженер хозяйства или лицо, им уполномоченное.

При реализации системы планового технического обслуживания и ремонта необходимо осуществить мероприятия, включающие:

- внедрение правил технического обслуживания и ремонта оборудования;
- организацию паспортизации оборудования и учета времени его работы;

- определение структур и длительности ремонтных циклов отдельных машин и аппаратов;
- определение категории сложности ремонта оборудования;
- составление перечня работ по видам ремонта;
- определение норм простоя оборудования в ремонте;
- определение стоимости ремонтных работ;
- разработку технической документации, необходимой для осуществления ремонта;
- разработку номенклатуры запасных частей;
- организацию учета, хранения и расходования запасных частей;
- организацию контроля качества выполнения ремонтных работ;
- применение при ремонте технологий по модернизации оборудования, направленных на повышение уровня механизации и автоматизации, улучшение условий труда.

В зависимости от хозяйственных условий техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования могут осуществляться:

- силами коллективных сельскохозяйственных предприятий и межхозяйственных объединений. При этом подразделения районных и региональных (областных) агросервисных организаций осуществляют ремонт агрегатов и узлов и поставку хозяйствам необходимых материально-технических средств;

- совместными усилиями хозяйств и районных агросервисных предприятий, которые при этой организационной форме частично выполняют операции периодического технического обслуживания, обеспечивают своевременное выполнение сложных ремонтов и регулировку оборудования;

- силами агросервисных предприятий районного и областного уровней, выполняющих комплекс работ по ремонту и техническому обслуживанию оборудования.

Выбор организационной формы зависит от экономики и размеров хозяйств, насыщенности ферм и комплексов оборудованием, наличия в хозяйствах квалифицированных кадров, материально-технической базы, благоустроенных дорог, а также расстояний от ферм до районных ремонтных баз.

В практике наибольшее распространение получила вторая организационная форма. Районное агросервисное предприятие выполняет периодическое техническое обслуживание и текущий ремонт в соответствии с договорными обязательствами. Капитальный ремонт

агрегатов и узлов проводят специализированные предприятия и цехи (станции технического обслуживания) районного и областного уровней. Хозяйства осуществляют ежедневное техническое обслуживание оборудования и устраняют простейшие неисправности.

В хозяйствах, осуществляющих техническое обслуживание своими силами, необходимо иметь: посты ежедневного технического обслуживания; общехозяйственный пункт технического обслуживания машин и оборудования; склад обменного фонда агрегатов и запасных частей; передвижную автомастерскую для звена мастеров-наладчиков (для проведения периодического технического обслуживания); бригаду слесарей по монтажу и ремонту машин на фермах; моечные отделения для ежедневного и еженедельного обслуживания доильной аппаратуры. Кроме того, необходимо иметь службу по обслуживанию электрооборудования и постоянные рабочие места слесарей, в обязанности которых входит: выполнение сложных операций ежедневного технического обслуживания; устранение возникших в процессе работы мелких отказов машин (выполнение дежурной службы); проведение еженедельных технических обслуживаний, а также контроль выполнения в полном объеме ежедневных технических обслуживаний операторами ферм.

Стационарность машин и оборудования ферм, комплексов и птицефабрик обуславливает необходимость создания мобильных ремонтных средств и рабочих мест, а также разработки соответствующих форм организации технического обслуживания и труда рабочих (специалистов) инженерно-технической службы.

### **1.3. Управление техническим состоянием машин и оборудования**

Потребность в техническом обслуживании и ремонте существенно зависит от самой стратегии сервисного сопровождения. В сельскохозяйственном производстве применяются три стратегии технического обслуживания и ремонта.

1. Восстановление работоспособности после отказа.

2. Планово-предупредительные ремонтно-обслуживающие работы, проводимые по жесткому графику, привязанному либо к календарному времени, либо к тем или иным измерителям наработки.

3. Техническое обслуживание и ремонт, осуществляемые после оценки технического состояния составных частей машины средствами инструментального диагностирования.

Восстановление работоспособности после отказа какой-либо из составных частей позволяет обеспечить полное использование ресурса машин (оборудования) и составляющих их элементов. Однако это приводит к увеличению простоев по техническим причинам и, соответственно, к потерям продукции. Применение данной стратегии для технических систем с низким уровнем надежности может привести к тому, что цепочка отказов парализует работу. Также неприемлемо использование первой стратегии для большинства операций технического обслуживания, носящих, по сути превентивный характер (замена сосковой резины, масла, текстолитовых лопаток вакуумных насосов, фильтрующих элементов).

Применительно к второй стратегии наработка машины, оборудования  $T_p$  (или ее составной части) до экономически оправданного ремонта (замены), т. е. до технико-экономического предельного состояния, может быть определена с использованием следующей математической модели профилактики:

$$\lambda(T_p) \sum_0^{T_p} [1 - F(t)] dt - F(T_p) = C / \Delta C, \quad (1.1)$$

где  $\lambda(T_p)$  – интенсивность отказов  $\lambda(t)$  при  $t = T_p$ ,

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)},$$

где  $f(t)$  и  $F(t)$  – плотность и функция распределения наработки до отказа соответственно;

$C$  – затраты на предупредительную замену (ремонт);

$\Delta C$  – потери при отказе.

Помимо оптимальной периодичности ремонта во второй стратегии учитывается степень восстановления исходного ресурса, т. е. отношение межремонтного ресурса к доремонтному.

Регламентная стратегия технического обслуживания и ремонта стала постепенно вытесняться из практики другой стратегией, которая базируется на контроле технического состояния машины или оборудования с использованием диагностических средств. Это обусловливается ее недостатками, которые очевидны из анализа уравнения (1.1). Так, функции  $f(t)$  и  $F(t)$  описывают надежность не конкретной машины, по отношению к которой подготавливается управленческое решение, а надежность всего парка рассматриваемых машин. Кроме того, для изучаемого в данный момент конкретного экземпляра машины исходная информация является априорной, она справедлива только в виде распределения, и выводы, сделанные на ее основе, справедливы только в среднем для всей совокупности ремонтируемой техники данного вида. По отношению же к индивидуальному объекту рекомендации, определенные по уравнению (1.1), могут быть далеки от оптимальных.

Стратегия назначения ремонтно-обслуживающих работ в соответствии с результатами оценки технического состояния конкретной составной части машины или машины в целом опирается на апостериорную информацию, что позволяет осуществлять профилактические ремонтно-обслуживающие операции с наибольшей эффективностью, уменьшать плату за безотказность эксплуатации за счет более полного использования остаточного ресурса предупредительно заменяемых узлов и деталей. Основными управляющими переменными этой стратегии являются: допустимое значение контролируемого параметра  $U(D_0)$  и межконтрольная наработка ( $t_m$ ). Их оптимизацию осуществляют путем определения показателей динамики контролируемого параметра, установления вероятности отказа  $Q$ , фактического назначения используемого ресурса или используемой наработки до отказа  $T_\phi$ , числа проверок  $K_n$  и непрерывных издержек  $S$ , связанных с ухудшением работы основной части, в зависимости от  $D_0$  и  $t_m$  (обычно в долях их предельных значений). Целевая функция имеет вид:

$$G = 0 \leq D_0 \leq 1 \min_{0 < t_m} \frac{AQ + C(1 - Q) + BK_n}{T_\phi}, \quad (1.2)$$

где  $Q$ ,  $K_n$ ,  $T_\phi$  – функции от  $D_0$  и  $t_m$ ;

$A$  и  $C$  – средние дискретные издержки, связанные с устранением последствий отказа и предупредительным восстановлением элемента по данному параметру соответственно;

$B$  – издержки, связанные с диагностированием;

$Q$  – вероятность отказа.

Динамику параметра  $U(t)$ , значение которой необходимо для определения вероятности  $Q$ , обычно аппроксимируют степенной случайной функцией:

$$U(t) = U_1(t) - \Delta\Pi = Vt^\alpha + Z(t), \quad (1.3)$$

где  $V$  – показатель скорости измерения параметра под влиянием внутренних конструктивных факторов;

$t$  – наработка;

$\alpha$  – показатель степени, определяющий характер изменения параметра;

$\Delta\Pi$  – показатель, характеризующий приработку;

$Z(t)$  – случайная стационарная гауссовская функция, учитывающая внешние эксплуатационные факторы.

Эффективная стратегия технического обслуживания и ремонта животноводческого оборудования может быть обеспечена на основе адаптированного к конкретным условиям технического регламента. Существующая система периодических планово-предупредительных ремонтов и технических обслуживаний оборудования животноводства (ППРТОЖ) заключается в исключении отказов оборудования и непредвиденных расходов путем планирования проведения технического обслуживания ранее момента вероятного среднестатистического отказа.

Традиционно считалось, что ППРТОЖ способствует снижению темпа выхода оборудования из строя и уменьшению потерь из-за аварийных остановок. Однако такое предположение не совсем верно, так как не учитывает вносимую ремонтом дополнительную вероятность отказов оборудования.

Поэтому более целесообразным представляется (при условии периодического контроля безразборными методами технического состояния оборудования (диагностики)), вести его эксплуатацию до вероятности отказа, не превышающей вероятность отказа после ремонта. Характер протекания процесса старения узлов и деталей,

например, доильного и холодильного оборудования (как и большинства технических систем) зависит от времени. Эта зависимость характеризуется тремя основными периодами.

Первый из них называется периодом приработки. Именно в этот период наиболее отчетливо проявляются дефекты деталей, приобретенные в результате ошибок на этапах конструирования, производства и эксплуатации. Основная доля дефектов, как правило, связана с производственными ошибками: несоблюдение технологического процесса, износ оборудования, неудовлетворительное качество материалов и комплектующих. Ошибки конструирования могут быть вызваны недостаточным учетом реальных условий работы деталей и механизмов. Для начала эксплуатации весьма важным моментом является обоснованный выбор режима работы (приработки), при котором обеспечивается минимальный первичный износ деталей.

Второй соответствует периоду установившихся режимов эксплуатации и характеризуется стабилизацией интенсивности отказов. По мере накопления остаточных деформаций и износа несущих поверхностей деталей, нарушается нормальная работа триботехнических сопряжений, увеличивается коэффициент трения. Затем оборудование вступает в третью зону эксплуатации – ускоренного старения, при котором интенсивность отказов возрастает и наступает предельное состояние.

Адаптивная система ремонта животноводческого оборудования на основе применения третьей стратегии позволяет согласовать периодичность выполнения ремонтно-обслуживающих работ с закономерностями изменения технико-экономических и эксплуатационных показателей машин. Система ремонта будет полностью соответствовать реальному состоянию парка оборудования при ведении постоянного сбора, учета и обработки информации о надежности, тем самым отражая динамику изменения технического состояния оборудования в процессе эксплуатации. В результате каждый ремонтный цикл будет базироваться на собственной уточненной модели предельного состояния по критерию минимизации затрат на технический сервис.

На основе анализа изменений диагностических параметров можно предсказывать необходимость и планировать сроки проведения ремонта. Так, диагностирование доильных и холодильных установок проводится с целью определения объема и содержания

работ при текущем ремонте. В практическом плане диагностирование позволяет также выявлять потребность в капитальном ремонте машины или ее составных частей.

Возможность прямого измерения структурных параметров (линейные, электрические, химические) оборудования без частичной его разборки ограничена, поэтому определение технического состояния оборудования упрощают диагностические параметры. Это косвенные величины, связанные со структурными параметрами и несущие достаточную информацию о техническом состоянии оборудования. Техническое состояние механизма проясняют прямые и обратные связи между структурными и диагностическими параметрами. Эти связи могут быть единичными, множественными, неопределенными (при данном диагностическом параметре возможно несколько неисправностей) и комбинированными (рис. 1.3).

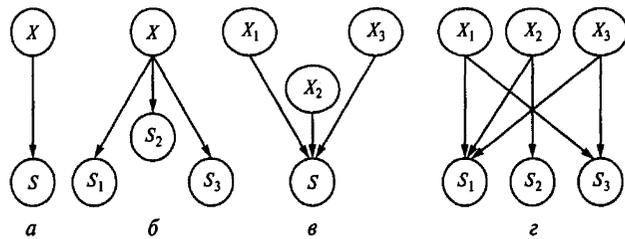


Рис. 1.3. Связи диагностических и структурных параметров: а – единичные; б – множественные; в – неопределенные; з – комбинированные

Диагностические параметры имеют начальные (или номинальные) величины, соответствующие исправному состоянию объекта  $S_{n1}, S_{n2} \dots S_{nm}$ , предельные, соответствующие границе перехода в класс неисправных состояний  $S_{n1}, S_{n2} \dots S_{nm}$ , и упреждающие (допустимые)  $S_{y1}, S_{y2} \dots S_{yn}$ . Диагностика состояния узлов осуществляется сравнением величин фактического и диагностического параметров и формулировкой одного из вариантов:

- 1)  $S > S_n$ ;
- 2)  $S_y < S < S_n$ ;
- 3)  $S < S_y$ .

Первый вариант требует ремонта для устранения отказа, во втором требуется предупредительное техническое обслуживание, а в третьем –

восстановительное воздействие исключается до следующего планового диагностирования. Механизмы, диагностируемые по дискретным диагностическим параметрам, подвергаются двум вариантам диагноза: исправен и неисправен, т. е.  $S > S_n$  или  $S < S_n$ . Техническое обслуживание предусматривается только первым вариантом. Каждый диагностический параметр связан со структурными параметрами. Аналитическую связь между структурными  $X_1, X_2 \dots X_n$  и диагностическими  $S_1, S_2, S_3 \dots S_m$  параметрами можно выразить системой из  $n$  уравнений (где  $n$  – число структурных параметров  $X$ , связанных с  $m$  измеряемых диагностических параметров), описывающих возможные состояния объекта.

Основные диагностические значения – номинальная величина диагностического параметра  $S_n$ , его предельное значение  $S_n$  и допустимая величина  $S_y$  при заданной периодичности планового диагностирования  $I_n$  (рис. 1.4).

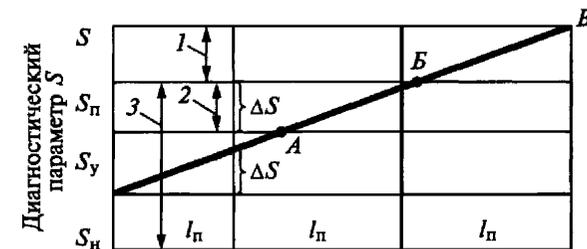


Рис. 1.4. Формирование нормативов периодичности ТО: 1 – зона безотказного состояния; 2 – запас исправной работы; 3 – зона работоспособного состояния

Сравнивают текущую величину диагностического параметра  $S_i$  с предельной  $S_n$ . Превышение  $S_y$  означает потребность в техническом воздействии установленного объема, а отсутствие превышения – возможность эксплуатации до очередного контроля.

$$\begin{cases} X_1 = f_1(S_1, S_2 \dots S_m); \\ X_2 = f_2(S_1, S_2 \dots S_m); \\ \dots \dots \dots \\ X_n = f_n(S_1, S_2 \dots S_m). \end{cases} \quad (1.4)$$

Регламентация периодичности базируется на контроле допустимых износов и прогнозировании остаточного ресурса деталей и соединений в течение срока службы оборудования. Существуют 3 группы критериев износа:

1) в результате износа машина не может больше работать (поломка детали, заклинивание механизма и невыполнение им своих функций);

2) износ приводит к попаданию машины в зону интенсивного выхода из строя (удары, интенсивное изнашивание поверхностей, вибрация);

3) характеристики машины или ее механизмов выходят за допустимые пределы (падает производительность, снижается коэффициент полезного действия, увеличивается шум).

Критерии предельного износа в одних случаях связаны с работой данного сопряжения или детали, в других – с работой нескольких деталей механизма. Для деталей, ремонтируемых при периодических плановых ремонтах, допустимые износы ( $U_{\text{доп}}$ ) будут меньше или равны предельным ( $U_{\text{max}}$ ), так как деталь не должна выйти из строя в течение последующего межремонтного периода. Если длительность межремонтного периода, т. е. время между двумя плановыми ремонтами –  $T_1$ , то за это время износ детали увеличится на  $\gamma T_1$ , где  $\gamma$  – интенсивность (скорость) изнашивания). Допустимый износ, начиная с которого при периодических ремонтах необходимо ремонтировать деталь, определяют из системы уравнений:

$$\begin{cases} U_{\text{доп}} = U_{\text{max}} - \gamma T_1 \\ \gamma = U_{\text{доп}} / T \\ U_{\text{доп}} = U_{\text{max}} - \frac{U_{\text{доп}} T_1}{T} \end{cases} \rightarrow U_{\text{доп}} = \frac{U_{\text{max}}}{1 + \frac{T_1}{T}} \rightarrow U_{\text{доп}} = U_{\text{max}} \frac{K}{K + 1}, \quad (1.5)$$

где  $T$  – время работы детали до ремонта;

$K$  – порядковый номер данного периодического ремонта с момента последнего ремонта детали.

Ресурсы рассчитывают исходя из предельно допустимых зазоров, указанных в технической документации, по формуле:

$$T_M = \frac{(\Delta_{\text{пред}} - \Delta_0) - (h_1 + h_2)}{C_{1\text{уст}} + C_{2\text{уст}}}, \quad (1.6)$$

где  $h_1 = (C_{1\text{пр}} - C_{1\text{уст}}) t_1$ ;  $h_2 = (C_{2\text{пр}} - C_{2\text{уст}}) t_2$ ;

$\Delta_{\text{пред}}$  – предельно допустимый зазор в сопряжении по документации, мкм;

$\Delta_0$  – начальный зазор в сопряжении, мкм.

Методика определения периодичности предупредительных замен основывается на правиле групповых замен при условии некоторого недоиспользования ресурса деталей, т. е. установлении  $\gamma$ -процентного ресурса (при  $\gamma \geq 50\%$ ). Для определения  $\gamma$ -процентных ресурсов деталей наработку  $T_n$  (величину ресурса наиболее долговечной детали) разбивают на  $n$  периодов, в конце каждого из которых группу деталей данного типа заменяют принудительно независимо от возникновения отказов в периоде.

Значения  $\gamma$ -процентных ресурсов трущихся деталей и числа профилактических осмотров используют для построения структуры ремонтного цикла.

Структура ремонтного цикла представляет собой определенную последовательность видов ремонта между вводом изделия в эксплуатацию и первым капитальным ремонтом или между двумя капитальными ремонтами. Ремонтный цикл исчисляется в часах фактически отработанного времени, поэтому для правильного планирования ремонтных работ в условиях ферм и комплексов необходимо вести учет наработки машин и оборудования. Длительность ремонтного цикла и межремонтного периода зависит и от характера работы машин и оборудования. Так, для машин, работающих в технологических линиях животноводческих комплексов, применяется поправочный коэффициент, равный 0,8.

Ремонт по фактическому техническому состоянию обладает целым рядом особых преимуществ по сравнению с ППРТОЖ. Во-первых, он позволяет планировать и выполнять техническое обслуживание и ремонт без остановки производства, практически исключив отказы оборудования. Во-вторых, он позволяет увеличить эффективность производства от 2 до 10% (усредненные расходы на ремонт при аварийных отказах оборудования в среднем в 10 раз превышают стоимость ремонта при вовремя обнаруженном дефекте) и снизить

энергетические затраты. В-третьих, этот метод позволяет эффективнее планировать расход запасных частей и сократить количество резервного оборудования. В-четвертых, он, улучшая условия труда и устраняя нарушения экологических требований, способствует более действенной регламентации взаимоотношений эксплуатирующих организаций с производителями оборудования и исполнителями сервисных услуг.

Для решения этих задач должна быть сформирована новая методология управления надежностью машин и оборудования на всех стадиях их жизненного цикла на основе мониторинга технического состояния. Это требует разработки технико-экономических моделей старения и критериев оценки состояния оборудования, позволяющих обоснованно выбирать межремонтный период, продолжительность ремонтного цикла и срок службы, а также рациональную структуру ремонтно-обслуживающего производства. При этом минимизация удельных затрат на технический сервис оборудования осуществляется с использованием рыночных механизмов регулирования соотношений «стоимость изготовления – качество продукции ферм» и «стоимость – качество ремонта».

#### 1.4. Материальная база технического сервиса

Материально-техническая база является основой ремонтно-обслуживающего производства в животноводстве. От ее состояния в значительной степени зависит уровень эксплуатации средств механизации на фермах, комплексах и птицефабриках.

Ремонтно-обслуживающая база (РОБ) создавалась и функционировала в годы существования единого государства СССР практически без участия заводов – изготовителей машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов. В силу централизованного распределения выпускаемой ими продукции, предприятия не были заинтересованы в обеспечении ее сервисного сопровождения.

В Республике Беларусь были созданы станции технического обслуживания животноводческой техники (СТОЖ) во всех административных районах, из них свыше 50 % построено по типовым проектам. Техническое обслуживание животноводческой техники осуществлялось совместно хозяйствами и СТОЖ. При этом ежегодное техническое обслуживание выполнялось силами хозяйства, а сложные операции периодического технического обслуживания и ремонт –

персоналом и средствами СТОЖ на основании договорных отношений. После 1991 г. указанная форма обслуживания утратила свои функции, и обслуживание животноводческой техники стало осуществляться силами хозяйств.

Развитие крупнотоварного производства обусловило необходимость иметь надлежащую производственную базу и высококвалифицированных специалистов для обеспечения работоспособности техники. По причине отсутствия в хозяйствах специалистов и производственной базы возникла проблема в организации системы технического обслуживания, в первую очередь, на молочных фермах и комплексах. В этой связи молокоперерабатывающими предприятиями были созданы специализированные службы по техническому обслуживанию и ремонту машин и оборудования молочных ферм. Создание специализированных служб при молокозаводах – это не только субъективная причина образования ниши по оказанию услуг на рынке сервисного сопровождения машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов, но и объективная закономерность, возникшая в целях поддержания готовности техники для увеличения объемов и качества производимой продукции.

В настоящее время в 28 районах республики обслуживанием доильного оборудования занимаются молочные заводы. Кроме того, в отдельных районах обслуживание машин и оборудования доильных залов осуществляется заводом «Промбурвод». Однако основной службой технического сервиса в республике остаются станции технического обслуживания животноводческого оборудования, которые функционируют в 85 райагросервисах. Следует отметить, что во многих хозяйствах техническое обслуживание доильных залов силами агросервисов производится по разовым затратам, а не по нормативам затрат, которые практически отсутствуют для проведения взаиморасчетов за оказанные услуги. Хозяйствами не соблюдаются сроки замены сосковой резины, а также регламент по проведению технического обслуживания, отсутствует нормативный запас материалов и запасных частей, моющих и дезинфицирующих средств. Мировой опыт показывает, что сервисная служба с широкой сетью обслуживания является неотъемлемой частью технологической цепочки производства молока. Если в США, Канаде и Европе эта система четко налажена, то в Беларуси у многих сельскохозяйственных товаропроизводителей доильное оборудование не содержится

в соответствующем техническом состоянии по причинам: отсутствие денежных средств на проведение технического обслуживания, дефицит квалифицированных кадров для ежедневного ухода за оборудованием и пр.

В настоящее время во многих хозяйствах квалифицированным техническим обслуживанием охвачены лишь отдельные машины и оборудование – доильные и холодильные установки. Другие механизмы обслуживаются, как правило, в случае возникновения отказов. Это обуславливает низкий коэффициент безотказности, а также значительно уменьшает нормативный фактический срок службы машин и оборудования ферм, что приводит к росту удельных эксплуатационных затрат производства и себестоимости продукции животноводства. СТОЖ и мастерские общего назначения при районных агросервисных организациях ремонтируют лишь отдельные машины и оборудование, их узлы и агрегаты, а также восстанавливают изношенные детали, которые используются СТОЖ и пунктами технического обслуживания (ПТО) при фермах и комплексах при агрегатном ремонте. Выполняемые ими работы составляют не более 3–5 % от общей потребности. Таким образом, основной объем работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту машин и оборудования ферм выполняют хозяйства.

Для выполнения возрастающих объемов работ необходимо иметь соответствующую ремонтно-обслуживающую базу и квалифицированный обслуживающий персонал. Как уже отмечалось, развитие ремонтно-обслуживающей базы для животноводства в республике несколько отстает от технического оснащения ферм. Это является причиной простоев машин и оборудования, преждевременного их списания, а также увеличения эксплуатационных расходов.

Основу системы технического сервиса составляет (и сохранится на перспективу) трехуровневая структура ремонтно-обслуживающей базы, включающая пункты технического обслуживания и мастерские хозяйств, ремонтные мастерские и станции технического обслуживания районных агросервисных организаций, дилерские центры заводов-изготовителей, специализированные ремонтные предприятия регионального уровня.

Рациональное распределение объемов работ между предприятиями технического сервиса, надлежащая их техническая оснащенность и правильная организация технологического процесса ремонта и тех-

нического обслуживания во многом обуславливают эффективность их функционирования и в конечном итоге оказывают существенное влияние на обеспечение требуемой эксплуатационной надежности парка машин и оборудования.

Развитие ремонтно-обслуживающей базы и повышение технической вооруженности ремонтных рабочих служит основой для внедрения прогрессивных технологий и рациональной организации технического обслуживания и ремонта машин, улучшения условий и повышения производительности труда, повышения качества технического обслуживания и ремонта, сокращения простоев машин по техническим причинам.

Необходимо отметить, что рынок – саморегулирующаяся хозяйственная система, обеспечивающая эквивалентный товарообмен между владельцами, основывается на собственности на средства производства и произведенный продукт, и поэтому должен поставить техническое обслуживание в зависимость от интересов производителей сельскохозяйственной продукции. Реформирование ремонтно-обслуживающей базы для обеспечения высокого уровня готовности машин и оборудования в животноводстве целесообразно осуществлять по следующим направлениям.

1. Сельскохозяйственное предприятие – владелец машин и оборудования, в зависимости от его размеров и состава, интенсивности использования техники по назначению, финансовых возможностей, наличия производственной базы и других факторов, определяет состав, структуру и объем собственного ремонтно-обслуживающего производства, а также номенклатуру и объем услуг, передаваемых на предприятия технического сервиса (ремонтно-обслуживающие предприятия агросервисов, СТОЖ, технические центры, специализированные предприятия и пр.).

2. В каждом административном районе при райагросервисах должны функционировать СТОЖ, обеспечивающие оперативность, качество и экономичность услуг производителям продукции животноводства и птицеводства. На имеющихся площадях, оснащенных технологическим оборудованием и укомплектованных персоналом, на договорных условиях с заводами-изготовителями техники целесообразно развивать дилерские (технические) центры.

3. На ремонтно-обслуживающих предприятиях районного и регионального уровней целесообразно:

- выполнять модернизацию и восстановительный ремонт техники, отработавшей амортизационный срок;
- проводить ремонт узлов и агрегатов машин, восстановление изношенных деталей;
- изготавливать новые детали, узлы, агрегаты и машины регионального машиностроения (в сотрудничестве с заводами-изготовителями);
- производить промышленную и иную продукцию, пользующуюся спросом.

4. На ремонтно-обслуживающих предприятиях и производствах всех уровней необходимо применять прогрессивные методы, технологии и формы организации производственных процессов, экологически чистые, безопасные и экономичные процессы основного и обслуживающего производств.

5. Расширять нормативно-правовую базу в части рационального взаимодействия исполнителей технического сервиса с изготовителями и потребителями технических средств.

6. На незагруженных мощностях ремонтно-обслуживающих предприятий должен быть организован и интенсивно развиваться рынок подержанной техники. Его задача – обновление парка машин экономически сильных хозяйств, замена исправных машин новейшими, с более высокими показателями качества функционирования. При этом экономически слабые хозяйства будут приобретать недорогие подержанные машины, переходящие от сильных хозяйств.

Исходя из опыта сельскохозяйственных организаций, внедривших передовые формы организации технического обслуживания, можно рекомендовать наиболее эффективную схему построения инженерной службы и взаимодействия всех внутрихозяйственных инженерно-технических подразделений, обеспечивающих высокоэффективную эксплуатацию машин и оборудования в животноводстве (рис. 1.5).

Начинать работу по внедрению этой схемы необходимо с введения штатной должности инженера по механизации работ в животноводстве. В его обязанности входит организация всей службы использования и технического обслуживания машин и оборудования. Он рассчитывает годовой и месячные объемы работ по ремонту и техническому обслуживанию, определяет потребность в слесарях ферм и мастерах-наладчиках, организует их рациональную загрузку работой, составляет планы-графики и календарные сроки технических

обслуживаний. Ему подчиняются все слесари ферм и мастера-наладчики стационарного пункта технического обслуживания, рабочие общехозяйственных пунктов технического обслуживания или специализированных ремонтных участков при центральных ремонтных мастерских хозяйства. Работу по ремонту сложных машин и оборудования он строит в тесном сотрудничестве с заведующим центральными ремонтными мастерскими хозяйства.



Рис. 1.5. Организационно-структурная схема инженерно-технической службы в животноводстве

Инженер по механизации работ в животноводстве подписывает ведомости начисления заработной платы мастерам-наладчикам, определяет (согласно нормативам) размер обменного фонда узлов, запасных частей и ремонтных материалов для каждого звена мастеров-наладчиков, следит за техническим состоянием контрольно-измерительных приборов, инструмента и инвентаря на стационарном пункте технического обслуживания. Под его руководством и контролем мастера-наладчики получают и монтируют в помещениях ферм новые машины и оборудование, проводят периодические технические обслуживания и технические осмотры, осуществляют диагностику технического состояния средств механизации и определяют необходимость их ремонта.

Мастер-наладчик является организатором и непосредственным исполнителем основных работ по техническому обслуживанию и эксплуатационному ремонту машин и оборудования на животноводческих фермах. В практической деятельности он руководствуется рабочими планами, графиками, техническими условиями и правилами технического обслуживания и ремонта.

Работая на прифермерских пунктах технического обслуживания, мастер-наладчик непосредственно подчиняется заведующему фермой, а по техническим вопросам – инженеру по механизации работ в животноводстве. Звенья мастеров-наладчиков обеспечивают номерные технические обслуживания ТО-1 и ТО-2 под руководством инженера по механизации работ в животноводстве, согласовывая свою работу с заведующими фермами.

При необходимости, инженер по механизации работ в животноводстве по поручению руководителя хозяйства заключает с дилерским центром договоры на ремонт сложного оборудования. Он контролирует соблюдение графиков технического обслуживания, ведет учет выполненных работ.

Обеспечение высокой эффективности использования техники предопределяет необходимость своевременного, по мере ухудшения ее технико-экономических характеристик, применения комплекса ремонтно-обслуживающих воздействий, поддерживающих или восстанавливающих работоспособность машин и оборудования. Эти воздействия достигают своей цели, если они осуществляются с применением современных технологий и прогрессивного ремонтно-технологического оборудования (РТО). На протяжении многих десятилетий оснащенность предприятий ремонтно-обслуживающей базы в животноводстве обеспечивали преимущественно заводы системы «Сельхозтехника». Однако в дальнейшем произошло резкое сокращение выпускаемой номенклатуры РТО, остановился процесс его модернизации, создания новых конструкций, отвечающих современному уровню техники. Уменьшение выпускаемой номенклатуры РТО, использование сервисными предприятиями в своей производственной деятельности около 70 % морально и физически изношенного оборудования в конечном итоге сказывается на технической готовности машин.

В настоящее время приняты конкретные меры, направленные на обеспечение предприятий технического сервиса современными

технологиями и оборудованием для выполнения ремонтно-обслуживающих работ с целью обеспечения работоспособности современной животноводческой техники.

Разработанная номенклатура ремонтно-технологического оборудования, необходимого для комплексного оснащения сервисных предприятий в животноводстве, включает:

- моечное оборудование, обеспечивающее выполнение начального этапа ремонтно-обслуживающих воздействий, формирующее качество выполнения дальнейших технологических процессов технического обслуживания и ремонта и во многом определяющее культуру производства;

- средства технического диагностирования, позволяющие получать объективную информацию о состоянии используемых машин и оборудования, а также их технологической настройке и регулировке;

- оборудование для восстановления изношенных деталей на основе применения ресурсосберегающих технологий, позволяющих обеспечить качество восстановленных деталей на уровне новых;

- средства обкатки и испытания, позволяющие получать объективную информацию о качестве и надежности отремонтированных машин и их составных частей;

- средства контроля и обеспечения экологической и технической безопасности при эксплуатации и техническом сервисе.

Особое место в применяемых средствах для выполнения технического сервиса занимает диагностическое оборудование. Использование инструментальных безразборных методов оценки технического состояния животноводческого оборудования ознаменовало собой переход стратегии ремонтного обеспечения эксплуатируемой техники с плано-предупредительной, опирающейся на жесткий регламент, на стратегию «по состоянию». Такой переход осуществляется в течение двух последних десятилетий и до сих пор не может считаться законченным из-за недостаточного количества средств диагностирования и довольно узкой их номенклатуры, не позволяющей обеспечить выявление всего спектра возможных неисправностей разнообразных машин и оборудования в животноводстве.

Основным методом текущего ремонта машин является агрегатный, при котором замена отказавших агрегатов осуществляется на месте установки машин и оборудования. Для своевременной

замены отказавших составных частей машин и оборудования создается их обменный фонд и резерв запасных частей.

В хозяйствах, осуществляющих техническое обслуживание своими силами, необходимо иметь посты и общехозяйственный пункт технического обслуживания, склад обменного фонда агрегатов и запасных частей, передвижную автомастерскую для звена мастеров-наладчиков (для проведения периодического технического обслуживания). Должна быть укомплектована бригада слесарей по монтажу и ремонту машин на фермах. Кроме того, необходимо иметь службу по обслуживанию электрооборудования и постоянные рабочие места слесарей.

Пункт технического обслуживания входит в состав фермы и размещается в одном из ее производственных помещений. Производственная площадь ПТО зависит от размера фермы и уровня комплексной механизации и автоматизации процессов. Для ферм крупного рогатого скота молочного направления с поголовьем 200 животных площадь пункта составляет 16–20 м<sup>2</sup>, 400 гол. – 28–30 м<sup>2</sup>, 800 гол. – 38–40 м<sup>2</sup>, 1200 гол. – 48–52 м<sup>2</sup>.

Пункт технического обслуживания комплектуется оборудованием, приспособлениями, приборами, инструментом и всей необходимой документацией по техническому обслуживанию и ремонту установленного на ферме оборудования.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработаны: пост диагностический передвижной (ПДП-1) и пост передвижной для сервиса и ремонта (ПСР). ПДП-1 предназначен для проведения работ по техническому обслуживанию, диагностике и текущему ремонту доильных установок на молочно-товарных фермах. Пост смонтирован на базе автомобиля-фургона ГАЗ-2705.

В состав приборно-инструментального комплекта входят:

- приборы для диагностики работы доильного оборудования;
- специальный инструмент;
- слесарный инструмент общего назначения;
- электроинструмент.

Передвижной пост для сервиса и ремонта на базе автомобиля ГАЗ-2705 (или аналога) предназначен для выполнения работ по монтажу, техническому обслуживанию, диагностике и текущему ремонту молокоохладительных установок, эксплуатирующихся на молочно-товарных фермах и комплексах сельскохозяйственных предприятий.

В перечень работ, выполняемых с использованием передвижного поста для сервиса и ремонта, включены:

- монтаж и ввод оборудования в эксплуатацию;
- контроль технического состояния, пусконаладка и обкатка;
- техническое обслуживание (ежедневное и периодическое);
- периодический технический осмотр и диагностирование;
- ремонт оборудования.

Пост укомплектован следующими инструментами и приборами:

- 1) слесарный (плоскогубцы, молоток, гвоздодер, зубило, отвертки, ключи гаечные, кусачки, ключи трубные);
- 2) электроинструмент (перфоратор электрический, дрель электрическая, шуруповерт электрический, машина угловая шлифовальная, фен промышленный);
- 3) специальный инструмент (паяльный пост либо установка сварочная электролизная, труборезы, трубогибы, развертка, труборасширители, вальцовка, электронный течеискатель);
- 4) инструмент для выполнения электромонтажных работ (отвертки, напильники, индикатор напряжения, надфиль, круглогубцы с удлиненными губками, плоскогубцы радиотехнические, кусачки, устройство для снятия изоляции, удлинитель переносной 50 м).
- 5) термометр контактный, цифровой тестер-клещи.

Пост комплектуется редуктором для баллона с азотом, грузоподъемным механизмом (таль ручная), фонарем аккумуляторным, а также столом-верстаком, стеллажом с полками и др.

Для проведения работ по диагностированию, техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования ферм крупного рогатого скота, свиноводческих, птицеводческих и овцеводческих, а также комплексов с выполнением дилерских услуг по предпродажной подготовке машин и оборудования ГОСНИТИ рекомендуется передвижная ремонтно-диагностическая мастерская «Техсервис животноводческого оборудования» КИ-28020М-ГОСНИТИ на шасси автомобиля УАЗ. Мастерская обеспечивает производство сложных работ технического сервиса (диагностирование, регулировочные и мелкие ремонтные работы при ТО и ТР в гарантийный и послегарантийный периоды) машин и оборудования для приготовления, транспортировки и раздачи кормов, водоснабжения ферм и поения животных, уборки помещений и навоза, доения и первичной обработки молока, мойки доильных установок, молокопроводов, холодильного

оборудования, ремонта электрооборудования, нагревательных устройств, устройств радиосвязи и т. д.

Передвижные унифицированные мастерские одновременно могут использоваться как транспортные средства для доставки исполнителей работ на объекты, для транспортировки технологической оснастки, приборов, инструмента, агрегатов и узлов обменного фонда, запасных частей и материалов.

Разнообразие объектов, значительная удаленность их от места базирования пуско-наладочной организации и друг от друга, разномарочный состав мастерских и лабораторий создают определенные проблемы в организации работ по техническому сервису с применением передвижных мастерских. В первую очередь это касается обоснования численного и квалификационного состава выездных бригад (звеньев), технологического оснащения используемых передвижных мастерских.

В настоящее время при наладке оборудования наибольшее распространение получили две формы использования передвижных мастерских, в соответствии с которыми бригада выезжает на наладиваемый объект и выполняет определенный объем работ без ограничения времени пребывания, или ежедневно возвращается на место базирования пусконаладочной организации.

Время выполнения производственного задания для обеих форм организации работ определяется исходя из объема пусконаладочных работ и численности бригады (звена). В процессе их выполнения наладчикам приходится выполнять случайные работы, не обусловленные выполнением производственного задания (устранение недоделок монтажа, дефектов оборудования, неточностей проектных решений). Выполнение таких работ при пусконаладке оборудования кормоцехов, отнимает у наладочного персонала около 5 % фонда рабочего времени, а при выполнении электротехнических пусконаладочных работ – 20–25 %. Потери времени по этим причинам приводят к снижению сменной производительности бригады наладчиков, находящейся на объекте. В то же время оснащение бригад современными диагностическими средствами позволяет снизить величину этой составляющей практически до нуля. Затраты времени на подготовку мастерской к работе для обеих форм организации определяются исходя из того, что мастерская дважды в смену развертывается и свертывается (так как во время обеденного перерыва

она используется как транспортное средство для доставки наладчиков к месту расположения столовой).

Оптимальный размер бригады должен соответствовать минимуму удельных затрат на единицу выполненной работы, включающих затраты, связанные с использованием передвижной мастерской и затраты на оплату труда наладчиков. С некоторыми допущениями оптимальную численность бригады (звена) можно рассчитать по формуле:

$$n_n^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{[B(\alpha + E_n)N_{\text{рд}}^{-1} + 2L(H_p + \mu q_{\text{тсм}})]Q}{c_{\text{ч}}\tau k_{\text{п}}t_{\text{см}}}} \quad (1.7)$$

где  $Q$  – объем работ, выполняемый бригадой на одной ферме, чел.-ч;

$B$  – балансовая стоимость передвижной мастерской, руб.;

$\alpha$  – норма годовых отчислений на реновацию передвижной мастерской;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$N_{\text{рд}}$  – количество рабочих дней;

$L$  – среднее расстояние до фермы, км;

$H_p$  – норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание мастерской, руб./км;

$\mu$  – удельный расход топлива, кг/км;

$q_{\text{тсм}}$  – стоимость топлива, руб./кг;

$c_{\text{ч}}$  – среднечасовая тарифная ставка одного рабочего с учетом доплат, руб./ч;

$\tau$  – время, затрачиваемое бригадой на переезд от одной фермы к другой, ч;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий потери времени (простоя) по технологическим причинам;

$t_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, ч.

Полученное выражение позволяет определить оптимальный численный состав бригады передвижной мастерской в каждом отдельном случае для конкретных условий производства пусконаладочных и ремонтно-обслуживающих работ на объекте при первой форме организации. Аналогичные подстановки и преобразования для второй формы организации работ показывают, что с увеличением численности бригады наладчиков удельные затраты уменьшаются.

Комплектование звеньев для передвижной ремонтной мастерской определяется дальностью расположения пусконаладочного объекта. Такая форма организации работы характерна для тех объектов, которые находятся на расстоянии не более 40 км от места расположения пусконаладочной организации. Выполнение работ по монтажу, пусконаладке, техническому обслуживанию и ремонту машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов на рассредоточенных объектах требует участия исполнителей нескольких специальностей. Как показали проведенные расчеты, это достигается путем объединения их в звенья и бригады. При этом численность звеньев составляет 2–3 человека. При необходимости звенья объединяются в комплексную бригаду в составе 4–6 человек, которая в состоянии выполнить весь объем работ на объектах. На наиболее крупных объектах (комплексах, кормоцехах) работы производятся специализированными бригадами с большим количественным составом, которые могут быть доставлены двумя-тремя передвижными мастерскими или специальным автобусом. Оснащенность передвижных мастерских по номенклатуре и количеству технологической оснастки, инструмента, приборов должна быть различной для выполнения работ на мелких и крупных объектах. Одним из основных путей повышения производительности труда в монтажных, пусконаладочных и ремонтно-обслуживающих организациях, наряду с дальнейшим совершенствованием организационных форм производственных процессов, является совершенствование самих передвижных средств путем создания ряда унифицированных мастерских со специализацией их по видам работ.

Сохранность и эффективность использования техники в животноводстве зависят от уровня развития материальной базы технического сервиса. Прогнозирование потребности в необходимых площадях и средствах технологического оснащения для ремонтно-обслуживающей базы животноводства предлагается вести упрощенным методом на основе годового объема работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования ферм, комплексов и птицефабрик, и ее удельной пропускной способности, выраженной в условных ремонтах в расчете на один квадратный метр производственной площади. При этом задача сводится к определению оптимальной производственной площади ПТО (мастерской) для каждого животноводческого хозяйства.

Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту всех видов машин и оборудования в животноводстве устанавливается на основе утвержденных норм времени по формуле:

$$T_r = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_{ij} t_{ij}, \quad (1.8)$$

где  $T_r$  – годовая трудоемкость работ по техническому обслуживанию и ремонту машин и оборудования в животноводстве (хозяйства, района), чел.-ч;

$N_{ij}$  – количество обслуживаний  $j$ -го вида машин  $i$ -й марки за год;

$t_{ij}$  – норма времени проведения  $j$ -го вида технического обслуживания и ремонта (трудоемкость) на  $i$ -ю марку машины или оборудования (ежедневное, периодическое, сезонное, текущий ремонт), чел.-ч;

$n$  – количество марок машин (оборудования);

$m$  – количество видов ТО и ремонтов (ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТР, КР), которые рекомендуются для данной машины.

Исходя из общей годовой трудоемкости работ, рассчитанной этим методом, можно определить не только потребность в производственных мощностях ремонтной базы и рабочей силе, но и фонды заработной платы. Позитивная особенность данного способа – исключительно высокая точность полученных результатов, негативная – отсутствие разработанных норм времени на техническое обслуживание и ремонт отдельных машин и оборудования ферм.

Учитывая большое количество и разномарочность машин и оборудования в животноводстве, при расчетах используют условную единицу технического обслуживания и ремонта, которая составляет 27 чел.-ч. Она является единой для механического, санитарно-технического, теплотехнического и электротехнического оборудования в животноводстве.

Для перевода физических единиц ТО и ремонта оборудования в условные используют переводные коэффициенты, определяемые формулой:

$$\eta_0 = T_r / T_{y.e.}, \quad (1.9)$$

где  $T_{y.e.}$  – трудоемкость ТО и ремонта условной единиц ( $T_{y.e.} = 27$  чел.-ч).

Трудоемкость по видам технического обслуживания и ремонта, определенная по категориям сложности машин и оборудования в животноводстве, приводится в системе планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания машин и оборудования животноводства. Суммарное число условных единиц ТО и ремонта на ферме, комплексе, птицефабрике или в хозяйстве в целом находят по формуле:

$$R_i = \sum_{i=1}^n n_{M_i} \eta_{0_i}, \quad (1.10)$$

где  $n_{M_i}$  – число машин (оборудования)  $i$ -й марки;  
 $n$  – количество марок машин;  
 $\eta_{0_i}$  – количество условных единиц  $i$ -й марки.

Исходя из изложенного, объем работ по техническому обслуживанию и ремонту машин и оборудования ферм можно определить по формуле:

$$T_r = \sum_{i=1}^n n_{M_i} \eta_{0_i} T_{y. e.} \quad (1.11)$$

Преимущество этого метода заключается в том, что нормы времени, установленные по видам ТО и ремонта на условную единицу, являются общими для всех типов машин и оборудования. При определении объемов работ указанными выше методами необходимо составить годовой план-график технических обслуживаний и ремонтов с указанием их трудоемкости и периодичности проведения. Умножая затраты рабочего времени на количество обслуживаний, получают общий годовой объем работ.

При укрупненных расчетах годовую трудоемкость по ТО и ремонту машин и оборудования животноводства можно определить исходя из удельных нормативов, отнесенных на 1000 гол. скота (птицы) для ферм и комплексов крупного рогатого скота (молочного и мясного направления), свиноводческих, овцеводческих и птицеводческих:

$$T_r = \sum_{i=1}^n \Pi_{C_i} (t_{уд.ТО} + t_{уд.ТР}) / 1000, \quad (1.12)$$

где  $\Pi_{C_i}$  – поголовье скота или птицы  $i$ -го вида;

$t_{уд.ТО}$  – удельная трудоемкость технического обслуживания машин (оборудования) на 1000 гол. скота (птицы);

$t_{уд.ТР}$  – удельная трудоемкость текущего ремонта машин (оборудования) на 1000 гол. скота (птицы).

В таблице приведены значения удельной годовой трудоемкости технического обслуживания и ремонта машин в животноводстве на 1000 гол. скота (птицы).

Таблица  
Удельная трудоемкость технического обслуживания и ремонта машин и оборудования в животноводстве

Наименование ферм и комплексов	Удельная трудоемкость на 1000 гол., чел.-ч	
	ТО	ТР
Крупного рогатого скота:		
– молочного направления	6150	1040
– мясного направления	3620	870
Свиноводческие	1310	170
Овцеводческие	190	120
Птицеводческие	18	18

Основным видом ремонта оборудования ферм и комплексов является текущий ремонт. Для отдельных агрегатов и узлов (вакуумных насосов, электродвигателей, компрессоров холодильных установок и пр.) системой ППРТОЖ предусматривается также капитальный ремонт. Нетранспортабельные машины ремонтируют на месте их работы агрегатным методом, а заменяемые сборочные единицы – на участках СТОЖ или в мастерских общего назначения районного уровня.

Количество капитальных ремонтов агрегатов (узлов) определяют по формуле:

$$N_{к.р} = n_{м_i} k_{о.р} \gamma, \quad (1.13)$$

где  $k_{о.р}$  – среднегодовой коэффициент охвата агрегата (узла) капитальным ремонтом;

$\gamma$  – коэффициент, учитывающий средний возраст машин (оборудования) в парке.

### 1.5. Совершенствование системы технического сервиса

Развитие системы технического сервиса в животноводстве базируется на создании необходимой ремонтно-обслуживающей базы, установлении определенных методов выполнения функциональных обязанностей с рациональным распределением работ по уровням в соответствии с конкретными условиями и целевым назначением производств.

Основные принципы организации и функционирования системы предусматривают:

*плановость* – сочетание перспективного, текущего и оперативного планирования всех видов ремонтно-обслуживающих работ;

*предупредительность* – выполнение ремонтно-обслуживающих работ в строго определенные промежутки времени независимо от технического состояния машин и оборудования. Время выполнения этих работ регламентируется соответствующей нормативно-технической документацией;

*функциональность* – строгое распределение услуг по функциональным признакам, а также распределение ответственности;

*комплектность* – выполнение всего объема работ по техническому обслуживанию, эффективное использование ремонтно-обслуживающей базы и трудовых ресурсов системы в целом;

*ступенчатость* – разделение видов обслуживания на ежедневное, периодическое, устранение отказов и ремонт;

*гибкость* – способность системы постоянно поддерживать все средства механизации в работоспособном состоянии, маневрировать рабочей силой и материальными средствами, а также оказывать услуги основному производству;

*надежность* – способность в полном объеме, качественно и непрерывно оказывать услуги основному производству;

*оперативность* – способность системы устранять отказы машин и оказывать услуги в течение времени, строго ограниченного зоотехническими требованиями, обеспечивая непрерывность технологических процессов;

Рост парка современных машин и оборудования в животноводстве (как отечественного, так и зарубежного производства) обуславливает необходимость развития системы технического сервиса на основе создания в каждом регионе (как правило, на базе районных агросервисных предприятий) технических центров заводов-изготовителей. Технические центры оснащаются средствами технической диагностики, ремонтно-технологическим оборудованием, оснасткой и инструментом, необходимой нормативно-технической документацией, учебными программами по подготовке высококвалифицированных специалистов по эксплуатации и сервисному сопровождению машин и оборудования.

Организация в различных регионах республики дилерских технических центров позволяет решать целый ряд проблем. Во-первых, этот процесс ускоряет внедрение на фермах системы машин для реализации инновационных технологий производства продукции животноводства и птицеводства. Во-вторых, диагностику технических параметров работы машин и оборудования и устранение возникающих отказов проводит высококвалифицированный персонал. В-третьих, поставка в хозяйства обслуживаемой зоны запасных частей, расходных материалов, а также замена и текущий ремонт вышедших из строя составных частей или исчерпавших свой ресурс деталей и узлов машин и оборудования осуществляются своевременно и оперативно.

Следует отметить, что в настоящее время, когда новое оборудование в хозяйствах немногочисленно, создание дилерских технических центров в каждом районе экономически не оправдано. Целесообразно развитие региональной дилерской системы технического сервиса поставщиками (изготовителями) одновременно с созданием государственных межрайонных универсальных сервисных центров. Такой переходный этап в развитии технического сервиса будет способствовать менее затратному как для изготовителей (особенно в гарантийный период), так и для хозяйств внедрению современного оборудования. По мере оснащения хозяйств новыми машинами и оборудованием и создания межрайонных сервисных

центров в республике появятся условия для расширения сети дилерских предприятий, оптимальных по зоне обслуживания и размещению.

На современном этапе в условиях стабильного и устойчивого развития АПК Республики Беларусь наряду с внедрением различных схем реализации новой техники, в сфере сельского хозяйства необходимо развивать эффективную систему реализации поддержанных машин и оборудования, так как стоимость поддержанной техники с восстановлением ресурса до уровня 80–90 % составляет 40–60 % от стоимости новой.

Развитие рынка поддержанной техники основано на взаимной выгоде продавца и покупателя. Выгода продавца в том, что он продает поддержанную технику и получает дополнительный доход для покупки новой машины. Выгода покупателя в том, что он получает машины с меньшим ресурсом, но по более низким ценам. Ускорение технического прогресса характеризуется быстротой смены моделей и степенью усовершенствования новой машины в сравнении со старой, что приводит к резкому повышению производительности и снижению себестоимости продукции животноводства. Неоснованное снижение или чрезмерное увеличение длительности периода обновления техники влечет за собой убытки. Во-первых, быстрая смена моделей машин с незначительной разницей технико-экономических показателей, создавая видимость технического прогресса, не приносит выгоды животноводству. Во-вторых, при современных масштабах механизации технологических процессов в животноводстве замена всего действующего парка машин в течение сравнительно короткого периода времени требует огромных затрат средств и материалов, которые не окупаются, если новые машины не имеют существенных преимуществ перед снятыми с производства образцами.

Модернизация техники в процессе ремонта – перспективное направление в развитии технического сервиса, так как позволяет загрузить незадействованные мощности машиностроительных и ремонтных предприятий. Она экономит финансовые ресурсы и стабилизирует численный состав парка оборудования за счет восстановления прошедшей сроки амортизации техники. Вторичный рынок, модернизация и капитально-восстановительный ремонт машин, отработавших амортизационный срок службы, позволят компенсировать недостаточный уровень обновления парка машин. Сложившейся

дефицит техники, ее высокая цена обусловили возникновение новых организационных форм обеспечения техникой товаропроизводителей. Одной из форм долгосрочного кредитования стали поставки техники по лизингу, однако объем этих поставок для отрасли животноводства составляет чуть больше 2 % от общего объема.

Направления развития системы технического сервиса реализуются также и в рамках научно-технического сотрудничества стран – членов СНГ, так как кооперация и специализация в производстве сельскохозяйственной техники этих стран связаны с созданием однотипного оборудования для механизации трудоемких процессов в животноводстве. Специализация применяемых технических средств для монтажа, технического обслуживания и ремонта животноводческой техники, улучшение обеспеченности сервисных подразделений прогрессивной высокопроизводительной оснасткой и приборами контроля и диагностики по оценке технического состояния машин и оборудования, достижения оптимальных параметров и функционирования, организация кооперированного и специализированного их производства должны быть отражены в международной системе оборудования для ремонта и технического обслуживания сельскохозяйственной техники стран СНГ. Совместно с поставкой технологического оборудования должна предусматриваться и передача организационной и технологической документации, что облегчит и расширит возможности совершенствования системы планово-предупредительного ремонта и обслуживания животноводческой техники.

Основу экономических взаимоотношений хозяйств со службами технического сервиса должен составлять принцип обеспечения приоритетности интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей. При этом следует учитывать платежеспособность спроса на услуги системы технического сервиса, многоуровневой, многопрофильной и взаимоувязанной сети сервисных структур, формирующей конкурентный рынок и позволяющих обеспечить высокое качество по приемлемым ценам.

Стоимость сервисных услуг должна покрывать среднеотраслевые нормативы затрат на их выполнение и обеспечивать норму прибыли, которая позволит осуществлять расширенное воспроизводство, формирование необходимых инвестиций в модернизацию и развитие материально-технической базы. При этом стоимость услуг

должна строго соответствовать их качеству, не превышать установленных нормативов и не нарушать рыночного равновесия. Предоставляемые изготовителем потребителю сервисные услуги для поддержания машин в работоспособном состоянии должны быть комплексными и включать все элементы технического обслуживания и ремонта. Услуги и работы, выполняемые предприятиями системы технического сервиса, должны быть доступны для сельскохозяйственных потребителей (независимо от их форм собственности и хозяйствования) по совокупности важнейших организационно-производственных и экономических показателей: скорости, ассортименту, полноте, качеству, завершенности, цене. При этом услуги отечественных сервисных предприятий и организаций должны быть конкурентоспособными на рынке по сравнению с аналогичными услугами зарубежных поставщиков, иначе будет существовать угроза вытеснения и разорения отечественных предприятий. Экономические взаимоотношения служб технического сервиса с хозяйствами должны строиться на основе договоров, в которых необходимо отражать качество работ, расценки на них, права и обязанности сторон, порядок взаиморасчетов, ответственность сторон. Наиболее спорными и недостаточно обоснованными при заключении договоров всегда были и остаются вопросы ответственности служб технического сервиса за причиненный сельхозпроизводителям ущерб из-за несвоевременного или некачественного выполнения операций технического обслуживания или устранения отказов. Защита интересов товаропроизводителей и служб технического сервиса возможна при их интегрировании, которое позволит сблизить их позиции при оказании услуг.

Во взаимоотношениях товаропроизводителей и служб технического сервиса наиболее сложной проблемой является вопрос ценообразования. Исследования показывают, что в основу цен за ремонтно-обслуживающие услуги должны быть положены нормативы материальных, трудовых и финансовых затрат, объективно отражающих существующую тенденцию развития научно-технического прогресса в техническом сервисе. Обоснование цен должно осуществляться на базе нормативных денежно-материальных затрат при выполнении работ, предусмотренных технологическими картами на обслуживание и ремонт машин. Порядок взаиморасчетов службы технического сервиса с товаропроизводителями может быть различным

и зависит от экономического состояния хозяйств, характера выполняемых работ, уровня сложившихся взаимосвязей обслуживающих предприятий с сельхозпроизводителями.

Для эффективного взаимодействия заводов-изготовителей животноводческого оборудования и дилерских технических центров, осуществляющих его предпродажную подготовку и техническое обслуживание в гарантийный период эксплуатации, их экономические взаимоотношения должны строиться в соответствии с действующим «Положением о дилерском центре по реализации и техническому обслуживанию техники» и «Договором на предпродажную подготовку и ремонт сельскохозяйственной техники в гарантийный срок эксплуатации». При этом необходимо, чтобы технический центр выполнял предписанные для него заводом-изготовителем обязанности полностью за счет предоставляемой ему производителем скидки с розничной цены машины.

В свою очередь, в обязанности фирмы-изготовителя дополнительно должны входить: установление розничной цены на технику для соответствующих сегментов рынка; ее публикация (издание каталогов, буклетов, проспектов, формирование информационных сайтов в сети Интернет) по мере изменения цены, но не реже двух раз в год; разработка системы скидок в зависимости от размера партии машин, приобретаемой техническим центром, а также сроков реализации ее потребителям. Последнее будет стимулировать развитие в дилерских организациях маркетинговых исследований, приемов и методов, позволяющих повысить платежеспособный спрос на машины.

При обосновании размера скидки с розничной цены машины следует учитывать, что ее размер, кроме затрат на предпродажную подготовку и гарантийное обслуживание машин, должен учитывать также и величину получаемой прибыли, позволяющую обеспечивать расширенное воспроизводство (уровень рентабельности не более 40–50 %).

Большое значение для дальнейшего совершенствования взаимоотношений между заводами-изготовителями и техническими центрами имеет поставка (реализация) машин (оборудования) и запасных частей к ним с рассрочкой платежа до 2–3 месяцев, что является радикальной мерой при существующих условиях неплатежеспособности ряда сельскохозяйственных товаропроизводителей республики.

Вместе с тем разработка системы скидок, а также предоставление рассрочки платежа актуальна лишь для механизма реализации машин и оборудования, в котором технический центр выступает посредником, самостоятельно осуществляющим их закупку у заводоизготовителей и реализацию потребителям. Имеющаяся практика выплат техническому центру затрат на проведение предпродажного и гарантийного обслуживания в виде фиксированного процента от стоимости машин и оборудования может быть рекомендована преимущественно лишь для машин, реализуемых (в зоне обслуживания технического центра) посредством государственного лизинга или непосредственно заводом-изготовителем. При этом установленный производителем процент (от стоимости) машины выплат затрат техническому центру дополнительно должен учитывать издержки на доставку техники или запасных частей, а также затраты, связанные с их хранением в течение половины гарантийного срока.

В случае приобретения техническими центрами за свой счет машин и оборудования у заводоизготовителей, отпускная цена для дилера должна представлять собой разницу между розничной (публикуемой) ценой, рекомендуемой заводом-изготовителем, и размером скидки. При этом продажа новой техники ее потребителю по цене, рекомендуемой заводом-изготовителем, позволит техническим центрам эффективно исполнять свои производственные обязанности по предпродажной подготовке и гарантийному обслуживанию машин и оборудования. Такой порядок взаимоотношений будет способствовать росту уровня экономического равноправия заводоизготовителей и технических центров.

Для повышения эффективности функционирования технических центров, обслуживающих незначительное количество и номенклатуру машин и оборудования определенного завода-изготовителя, необходимо расширять не только перечень предоставляемых услуг по фирменному техническому сервису (послегарантийное обслуживание, восстановление узлов и агрегатов и пр.), но также заключать договоры на предпродажную подготовку и ремонт с другими производителями средств механизации, машины и оборудование которых пользуются платежеспособным спросом у товаропроизводителей в зоне обслуживания данного технического центра.

За нарушение сроков устранения неисправностей технический центр должен уплачивать компенсацию в пользу потребителя

в размере издержек последнего, связанных с устранением последствий простоя техники в период времени, превышающий оговоренные сроки устранения неисправностей, или компенсацию ущерба в период времени, превышающий оговоренные сроки устранения неисправностей.

Исследования показывают, что дилерская система технического сервиса является одной из наиболее эффективных форм экономических взаимоотношений между сельскохозяйственными организациями и заводами-изготовителями. В таких посреднических организациях одинаково заинтересованы как потребители данных услуг, так и производители различной сельскохозяйственной техники, поскольку хозяйствующие субъекты должны иметь возможность передать функции материально-технического обеспечения и поддержания машин и оборудования в рабочем состоянии непосредственно техническим центрам, которые, в свою очередь, станут заключать договоры на своевременную поставку запасных частей, узлов и агрегатов с промышленными предприятиями – производителями этих средств и обеспечивать их предпродажную подготовку, гарантийное и послегарантийное обслуживание в течение всего периода эксплуатации.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ

### 2.1. Организация и технология монтажных работ

Для приготовления кормов применяют мойки-измельчители типа ИКМ (ИКМ-5М, ИКМ-Ф-10, ИКУ-Ф-10 и др.), измельчители кормов ИСК-3, «Волгарь-5», ИК-100, ИКФ-150 и др., смесители для приготовления влажных смесей из сыпучих кормов типа СКО (СКО-Ф-3, СКО-Ф-6). При приготовлении и раздаче кормосмесей применяются мобильные машины ИСРВ-12, РММ-5, РММ-Ф-6, КТУ-10, РКТ-10, ИСРК-12 «Хозяин», РКС-12, ПСРК-12 и др. Для раздачи кормов или кормосмесей используются также стационарные кормораздатчики типа ТВК (ТВК-80А, ТВК-80Б и др.). Перспективным является применение находящегося на стадии разработки многофункционального роботизированного оборудования для приготовления кормосмесей.

Проведение монтажных работ стационарного оборудования осуществляют в соответствии с графиком, учитывающим сроки ввода объекта в действие, нормативную продолжительность монтажных работ, квалификацию и численность рабочих. На площадку к месту монтажа оборудование подают автотранспортом или на специальных санях, реже – на стальном листе, трактором или другим тяговым средством. Со склада или от площадки к месту установки в проектное положение оборудование перемещают с помощью лебедок и такелажной оснастки. Тяговое усилие, необходимое для перемещения оборудования по горизонтальной поверхности, определяют по формуле:

$$P = fQ, \quad (2.1)$$

где  $Q$  – масса груза, включая сани или лист, на которых перемещают груз, Н;

$f$  – коэффициент трения скольжения груза относительно опорной поверхности.

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. По найденным тяговым усилиям  $P$  рассчитывают такелажную оснастку и подбирают тяговый механизм. Перемещение оборудования внутри здания часто производят с использованием электрических и ручных рычажных лебедок. Усилие, препятствующее горизонтальному смещению лебедки ( $P_{см}$ ), определяют по формулам:

$$\begin{cases} P_{см} = S - T_c \\ T_c = (Q_{л} + Q_{б})f \end{cases}; \quad (2.2)$$

где  $S$  – усилие в канате, идущем на барабан лебедки, Н;

$T_c$  – сила трения рамы лебедки об опорную поверхность, Н;

$Q_{л}$  – масса лебедки, Н;

$Q_{б}$  – масса балласта (если она имеется), Н.

Для изменения направления движения тягового каната (троса) устанавливают отводные блоки, которые крепят так, чтобы канат тяговой лебедки подходил к ним в горизонтальном положении или близком к таковому. Отводные блоки должны быть установлены от лебедки на расстоянии большем, чем двадцатикратная длина 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 ( $P_{ск}$ ), больше тягового усилия лебедки и составляет:

$$P_{ск} = 2S_k \cos \frac{\beta}{2}, \quad (2.3)$$

где  $S_k$  – натяжение каната, Н;

$\beta$  – угол между ветвями каната, град.

Выбор того или иного типа грузоподъемной машины, механизма и приспособлений для производства погрузочно-разгрузочных и монтажных операций осуществляют на основе анализа следующих факторов: требуемая грузоподъемность, характеристика перемещаемого груза, режим работы, вид энергии, приводящей машину в действие, и др.

Канат на прочность рассчитывают по формуле:

$$\frac{P}{S} = K, \quad (2.4)$$

где  $P$  – разрывное усилие каната в целом, Н;

$S$  – усилие на канат, Н;

$K$  – коэффициент запаса прочности для пеньковых канатов принимают не менее 8, а для стальных – 3,5–5,5.

Значения  $S$  для канатов полиспаста, стропов и расчалок определяют по формуле:

$$S = \frac{Q}{n} \cos \alpha, \quad (2.5)$$

где  $Q$  – расчетная нагрузка, приложенная к подвижному блоку;

$\alpha$  – угол между осью действия расчетного усилия и ветвью каната;

$n$  – общее число ветвей каната.

Допустимый диаметр барабана лебедки или блока, измеряемый по средней линии навитого стального каната, определяют по формуле:

$$D = de, \quad (2.6)$$

где  $d$  – диаметр каната, мм;

$e$  – коэффициент, значение которого зависит от типа грузоподъемной машины и режима работы (для электрических талей  $e = 22$ , ручной лебедки  $e = 12$ , машинной  $e = 20$ , для грузоподъемных машин с машинным приводом и тяжелым режимом работы  $e = 30$ ).

При эксплуатации необходимо учитывать, что навивка каната на барабан сопровождается его кручением и изгибом. Для нормальной эксплуатации канатов при однослойной навивке их на барабан необходимо обеспечивать правильное направление укладки витков каната на барабан лебедки, соответствующее направлению свивки прядей в канате. Необходимые направления укладки витков канатов на барабан лебедки устанавливают по «правилу руки». При этом

ладонь руки (правой или левой), соответствующей направлению (правому или левому) свивки каната, должна быть обращена к барабану лебедки. Направление большого пальца, отогнутого под углом  $90^\circ$  по отношению к остальным пальцам, должно совпадать с направлением движения к барабану навиваемого каната. Тогда направление остальных пальцев руки укажет требуемые направления укладки витков каната на барабан. Например, если направление однослойной навивки на барабан каната правой свивки совпадает с направлением отогнутого большого пальца правой руки (он должен находиться со стороны левого фланца барабана), то направление остальных пальцев указывает правильное направление укладки витков каната при его подходе на барабан – слева направо (рис. 2.1). В этом случае барабан должен вращаться по часовой стрелке, если смотреть со стороны его правого фланца.

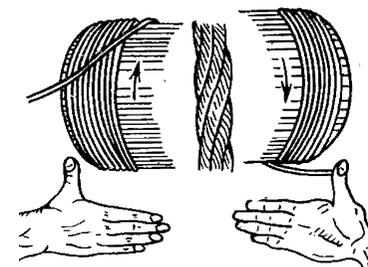


Рис. 2.1. Определение направления однослойной навивки каната на барабан правой свивки

Если канат подходит к барабану снизу, большой палец правой руки окажется около правого фланца, и требуемое направление укладки витков каната изменится на противоположное (справа налево), то барабан необходимо вращать против часовой стрелки (если наблюдатель находится со стороны того же фланца барабана). При этом конец каната должен быть закреплен у правого фланца барабана (рис. 2.2). Вышеуказанный способ нельзя применять в случае многослойной укладки каната на барабан лебедки, когда направление его навивки изменяется при переходе с одного слоя на другой.

Для предотвращения схода каната и его защемления в механизме, уменьшения момента от тягового усилия, опрокидывающего лебедку привода, его необходимо навивать на барабан только снизу (рис. 2.3).

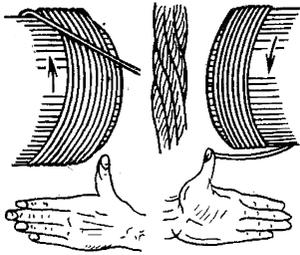


Рис. 2.2. Определение направления однослойной навивки каната на барабан левой свивки

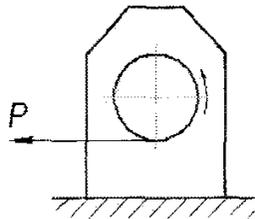


Рис. 2.3. Навивка каната на барабан лебедки

Для обеспечения бесперебойного использования каната необходимо, чтобы оси барабана лебедки и отводного ролика были горизонтальны и параллельны. Равномерная и плотная укладка витков каната на барабан лебедки с одновременным исключением трения ходовой ветви о реборды барабана (при отсутствии на лебедке канатоукладывающего механизма) достигается в том случае, если угол девиации меньше угла спиральной навивки каната на барабан (рис. 2.4).

Угол девиации  $\varphi$  находят из следующего соотношения:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{2L} < \operatorname{tg} \alpha = \frac{d_k}{\pi(D_6 + d_k)}, \quad (2.7)$$

где  $\varphi$  – угол девиации, град;

$l$  – длина барабана, м;

$L$  – расстояние между осями барабана и отводного ролика, м;

$\alpha$  – угол спиральной навивки каната на барабан лебедки, град;

$D_6$  – диаметр барабана, мм;

$d_k$  – диаметр каната, мм.

Для гладких барабанов угол  $\varphi$  должен составлять  $1-2^\circ$ . Если угол  $\varphi$  меньше  $50'$ , нельзя обеспечить равномерную укладку каната, что при переходе на последующие слои навивки приводит к его трению о реборды барабана и интенсивному износу. Для соблюдения на практике требуемого угла девиации расстояние между осями барабана лебедки и отводного ролика должно составлять около 40 длин барабана.

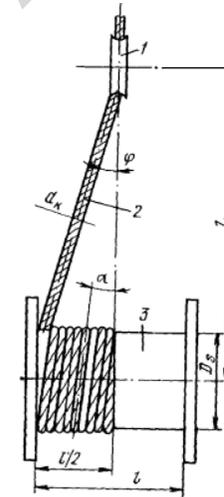


Рис. 2.4. Схема расположения отводного ролика и барабана лебедки:  
1 – отводной ролик; 2 – канат; 3 – барабан

При установке стационарного оборудования отклонение привязочных размеров допускается не более 20 мм, по высоте – 15 мм, отклонение от горизонтальности установки – не более 5 мм на 1 м длины. Фундаменты обмеряют рулеткой, металлическим метром, металлической или деревянной линейкой  $l$  с уровнем 2 (рис. 2.5). Прямолинейность фундамента проверяют в одном направлении, а плоскостность – в нескольких взаимно перпендикулярных плоскостях I-I, II-II, III-III, IV-IV и т. д.

Отклонение плоскости фундамента от своей отметки должно быть в пределах  $\pm 15$  мм (рис. 2.6). Выверку оборудования на фундаменте осуществляют регулировочными винтами, установочными гайками, металлическими прокладками.

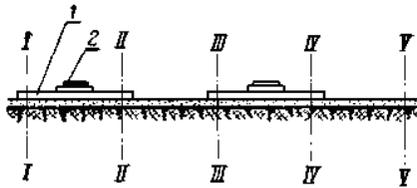


Рис. 2.5. Схема проверки плоскости фундамента:  
1 – линейка; 2 – уровень

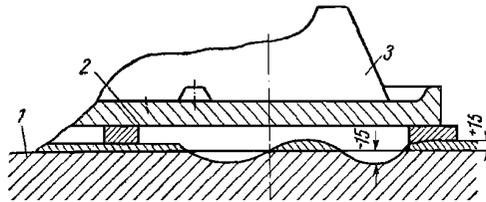


Рис. 2.6. Опорная плоскость фундамента под раму:  
1 – опорная плоскость; 2 – подошва рамы; 3 – рама

При монтаже конструкции сборку монтажных соединений под сварку выполняют на прихватках. Длина прихваток в монтажных сварных соединениях, не воспринимающих монтажных нагрузок, должна быть не менее 10 % длины проектных монтажных швов этого соединения, но не короче 50 мм. Действующие на узел внешние нагрузки должны восприниматься элементами узла, а не сварным швом (рис. 2.7).

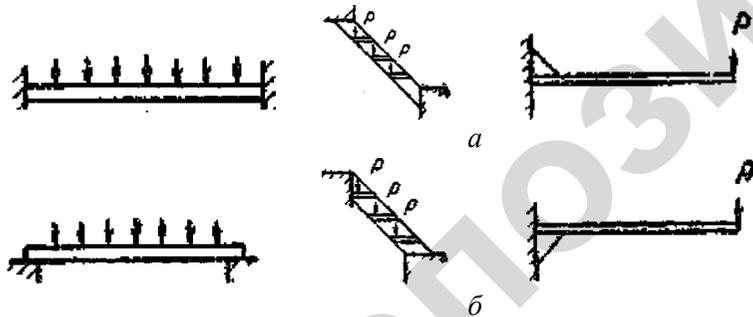


Рис. 2.7. Схема сварки узлов при монтаже кормоцехов:  
а – неправильно; б – правильно

Для одного и того же соединения можно принять несколько типов швов, обладающих различной ориентировочной прочностью (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Сравнительная прочность сварных соединений

Эскиз соединений	Виды напряжения	Коэффициент прочности
	Растяжение и сжатие; изгиб; срез	0,95
	Растяжение и сжатие; изгиб; срез	0,95
	Растяжение и сжатие Изгиб Срез	0,60 0,80 0,60
	Растяжение и сжатие; изгиб; срез	0,90
	Растяжение и сжатие Изгиб Срез	0,70 0,90 0,70
	Растяжение и сжатие Изгиб Срез	0,40 0,20 0,40

Дефектами сварки являются подрезы и непровары, трещины и шлаковые включения. Подрез образуется при сварке на повышенном напряжении дуги и больших токах (рис. 2.8, а). Непровар (недостаточное сплавление основного металла с расплавленным металлом электрода) образуется из-за неправильной подготовки кромок (рис. 2.8, б), а также из-за недостаточной величины сварочного тела и большой скорости сварки, неправильного наклона электрода к свариваемому изделию, наличия окалина, грязи и ржавчины на поверхности свариваемого металла. Шлаковые включения (рис. 2.8, в) в сварном шве возникают из-за плохой зачистки свариваемого металла, некачественных электродов и неправильного выбора режима сварки. Трещины (рис. 2.8, г) образуются в процессе сварки, а также и в процессе охлаждения. Причиной образования трещин являются: повышенное содержание углерода, серы и фосфора, несоблюдение технологии и режимов сварки. Трещины в швах вырубают и шов заваривают вновь.

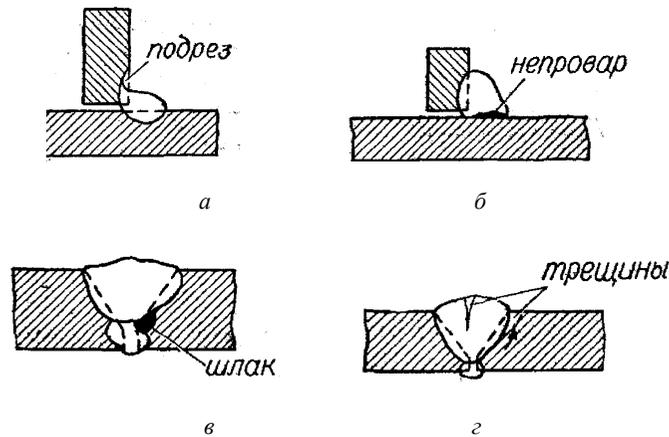


Рис. 2.8. Виды дефектов при сварке

Качество затяжки болтов нормальной и повышенной точности проверяют путем обстукивания молотком (болт не должен дрожать или перемещаться), а плотность стяжки – щупом толщиной 0,3 мм, который не должен проходить вглубь более чем на 20 мм между соединенными деталями. Натяжение болта обеспечивают затяжкой гайки динамометрическим ключом до расчетного крутящего момента. При установке высокопрочных болтов крутящий момент, необходимый для натяжения болтов, определяют по формуле:

$$M_{кр} = kpd, \quad (2.8)$$

где  $k$  – коэффициент закручивания, устанавливаемый стандартами на болты;

$p$  – заданное усилие натяжения болта, указанное в чертежах, Н;  
 $d$  – номинальный диаметр болта, мм.

Прочность заклепок проверяется простукиванием молотком по заклепке: плохо поставленная заклепка издает дребезжащий звук. Дефекты могут возникать из-за несоответствия диаметров отверстия и заклепки, длины стержня толщине склепываемых деталей, а также плохого прилегания склепываемых деталей (табл. 2.2).

Дефекты клепки и причины их образования

Эскиз	Характеристика брака	Причина брака
	Изгиб стержня и отверстия	Диаметр отверстия велик
	Прогиб материала	Диаметр отверстия мал
	Смещение закладной головки	Отверстие просверлено косо
	Изгиб замыкающей головки	Длинный стержень заклепки; поддержка установлена не по оси заклепки
	Расклепывание стержня между листами	Листы не уплотнены натяжкой
	Подсечка листа	Лунка обжимки больше головки заклепки
	Недотянутая головка	Закладная головка отошла при клепке
	Потайные головки выступают над поверхностью детали	Недостаточная глубина гнезда под потайные головки заклепок
	Трещины на головках заклепок	Недостаточная пластичность материала заклепок
	Неправильная форма замыкающих головок	Малая мощность клепального молотка. Недостаточный вес поддержки

При монтаже участков трубопроводов внимание уделяют центровке, так как внутренние выступы и неровности резко увеличивают гидравлическое сопротивление транспортного трубопровода и способствуют образованию пробок и завалов перемещаемых кормов. Торцы стыкуемых труб должны быть перпендикулярны продольной оси трубы. Максимальное отклонение плоскости торца – 1,5 мм. При фланцевом соединении труб для пневмо- и гидравлической транспортировки кормов в операцию соединения стыка входит приварка фланцев. Приспособление для приварки фланцев к трубам

(рис. 2.9) состоит из откидного рычага, шарнирно установленного в средней части корпуса 3, на торце которого расположены подпружиненные толкатели 2 и стержни 5. К стержням 5 параллельно торцу корпуса 3 и с зазором, достаточным для установки в нем привариваемых фланцев, жестко присоединена плита 4. Привариваемый фланец вставляют в зазор между плитой 4 и торцом корпуса 3 до упора в стержни 5, затем приспособление вместе с фланцем устанавливают на конце трубы так, чтобы между наружной кромкой центрального отверстия фланца и торцом трубы было расстояние для сварного шва. Приспособление закрепляют на трубе с помощью откидного рычага 1 и винта 6. Толкатели 2 под действием пружин плотно прижимают фланец к опорной поверхности плиты 4, обеспечивая тем самым перпендикулярность фланца оси трубы. Центрирование фланца по оси трубы происходит за счет наружной поверхности трубы, вставленной в отверстие фланца.

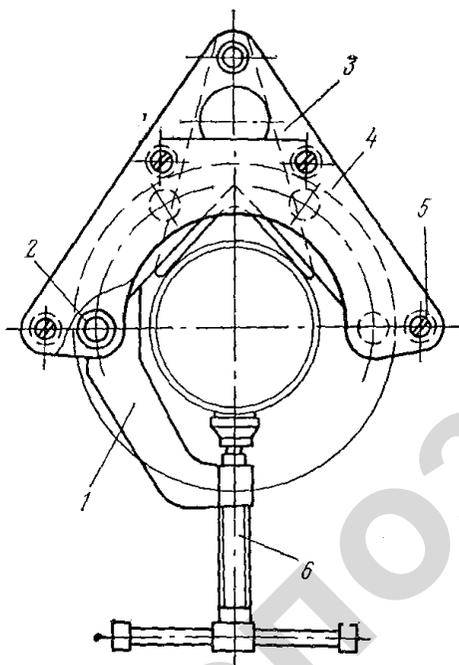


Рис. 2.9. Схема приспособления для приварки фланцев к трубам:  
1 – рычаг; 2 – толкатель; 3 – корпус; 4 – плита; 5 – стержень; 6 – винт

Ведущую и ведомую звездочки цепных передач рекомендуется устанавливать по данным табл. 2.3 с учетом передаточного числа  $i$ , межцентрового расстояния  $A$  и шага цепи  $t$ .

Таблица 2.3

Расположение цепных передач

Характеристика передачи	Расположение передачи		Примечание
	Правильно	Неправильно	
$i > 2$ $A = (30 - 50)t$		—	Положение ветвей на работу передачи не влияет
$i > 2$ $A < 30t$			Ведомая ветвь должна быть нижней, чтобы избежать захвата дополнительных зубьев звездочки при большом провисании цепи
$i < 1,5$ $A > 60t$			Ведомая ветвь должна быть нижней, чтобы предотвратить соприкосновение ветвей при провисании верхней ветви
Для любых значений $t$ и $A$			Вертикальное расположение цепей требует постоянной регулировки межцентрового расстояния. Рекомендуется смещать звездочки на небольшой угол. Ведомой должна быть ветвь с меньшим углом наклона

Монтаж цепи осуществляют с помощью соединительного (закрывающего) звена, имеющего два валика (перед укорачиванием цепи это звено было снято). Однако этим звеном можно соединять только цепи, имеющие четное число звеньев. В случае необходимости монтажа цепи с нечетным числом звеньев применяют переходное звено. При соединении концов роликовых и втулочных цепей применяют стяжки (рис. 2.10).

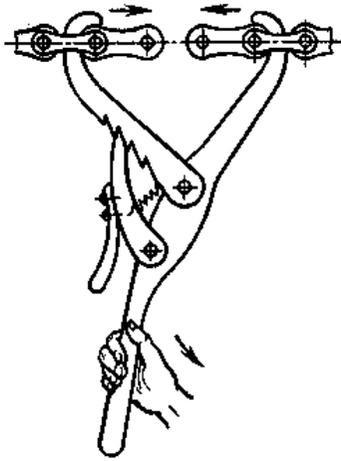


Рис. 2.10. Рычажная стяжка для соединения концов роликовых и втулочных цепей

При монтаже ременных передач заключительными операциями являются установка и натяжение ремня, который устанавливается сначала на малый шкив, а затем на большой. Допустимым предварительным напряжением в ременных передачах принято для плоских ремней  $s_0 = 1,8$  МПа, клиновых –  $s_0 = 1,2-1,5$  МПа. Усилия предварительного натяжения ( $F_0$ ) определяют как

$$F_0 = s_0 A, \quad (2.9)$$

где  $A$  – площадь поперечного сечения ремня, мм.

## 2.2. Диагностика кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования

Диагностирование кормоприготовительных машин и кормораздатчиков – определение технического состояния и надежности функционирования узлов и деталей с помощью испытательных и контрольных приборов – направлено на снижение трудоемкости обслуживания машин, эксплуатационных затрат и повышение качества работ, и достигается своевременным обнаружением

и предотвращением отказов, сохранением оптимальных регулировок, сокращением простоев машин и оборудования из-за технических неисправностей. При этом проводится безразборная оценка состояния оборудования, позволяющая давать рекомендации по выполнению определенных ремонтно-обслуживающих воздействий или замене сборочных единиц и деталей.

Состояние клиновых ремней оборудования проверяют внешним осмотром, а в сомнительных случаях измеряют удлинение. Боковые (рабочие) поверхности ремня не должны иметь складок, трещин, выпуклостей, срывов резины, торчащих ниток и расслоения. При наличии указанных дефектов, а также при удлинении (вытяжке) ремня более 3–4 % от первоначальной длины такие ремни выбраковывают. На качество работы ременной передачи влияние оказывает биение шкивов. Проверку на биение выполняют с помощью индикаторов (рис. 2.11).

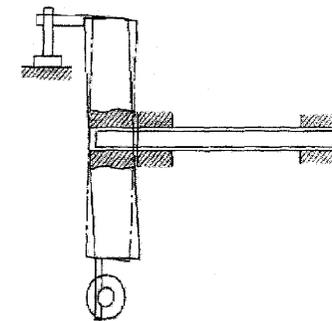


Рис. 2.11. Схема контроля осевого и радиального биения шкива

Торцевое и радиальное биение шкивов не должно превышать значений, приведенных в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Допуск видов биения шкивов ременных передач, мм

Диаметр, мм	Биение шкивов	
	радиальное	торцевое
До 150	0,1	0,05
150–300	0,15	0,08
300–600	0,25	0,12
Свыше 600	0,40	0,25

Совпадение плоскостей клиновых канавок определяют металлической линейкой (рис. 2.12), прикладываемой к боковым поверхностям шкивов. Если шкивы разной ширины, линейку прикладывают к боковой поверхности более широкого шкива и измеряют расстояния  $a$ ,  $b$ ,  $v$ ,  $z$  от кромки канавки до линейки. При правильном взаимном расположении шкивов эти расстояния должны быть равны. Если шкив установлен на валу, шейка которого свободно вращается в подшипниках и стремится остановиться после окончания вращения в одном определенном положении, это свидетельствует о том, что центр тяжести шкива не совпадает с геометрической осью вращения. Такое явление, называемое неуравновешенностью шкива, вызывает маховые моменты, которые интенсифицируют износ подшипниковых опор.

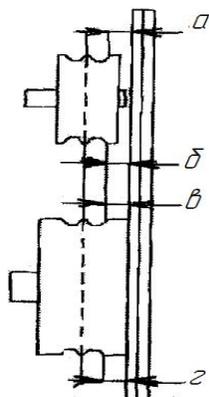


Рис. 2.12. Контроль совпадения плоскостей клиновых канавок с помощью металлической линейки

Перпендикулярность валов проверяют с помощью специального хомута, проворачиваемого вместе с валом (рис. 2.13). Если при проворачивании вала зазор  $a$  равен зазору  $b$ , то валы перпендикулярны.

Натяжение клиновидных ремней, контролируемое приспособлением (рис. 2.14), должно быть умеренным. При слабом натяжении ремень будет проскальзывать и нагреваться, а также возможно биеение его ветвей (резонанс). Сильное натяжение обусловит быструю вытяжку и потерю эластичности, излишнюю нагрузку на опоры валов, износ ремня и шкивов.

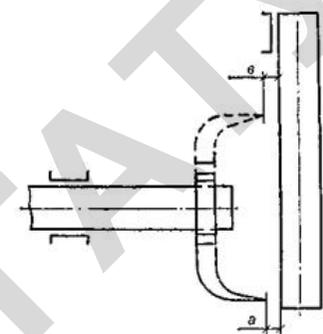


Рис. 2.13. Проверка перпендикулярности валов с помощью хомута

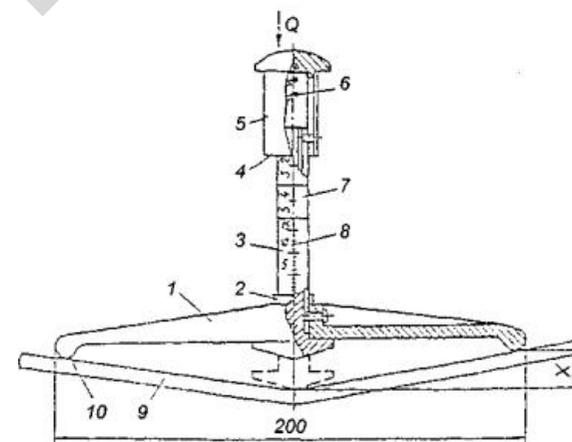


Рис. 2.14. Приспособление для контроля натяжения ремней:  
1 – планка; 2 – кольцо; 3 – стержень; 4 – защитная насадка; 5 – колпак;  
6 – пружина; 7, 8 – шкалы; 9 – ветвь ремня; 10 – бортик

Установленное кольцо приспособления перемещают в исходное положение до касания с планкой. Затем приспособление прикладывают бортиками к ветви ремня. Приспособление располагают посередине между осями валов. Ветвь ремня нагружают посредством колпака с защитной насадкой, пружины и стержня. При этом следят за тем, чтобы торец колпака совмещался с определенным значением на шкале. Стержень, перемещаясь в отверстии планки, образует у ветви стрелу прогиба, по которой судят о состоянии натяжения

ремня. Высоту стрелы прогиба определяют по соответствующему делению шкалы, на котором остановилось кольцо при нагружении ветви. Если стрела прогиба меньше установленной нормы, то натяжение уменьшают, и наоборот. Таким приспособлением контролируют натяжение ремней разных типоразмеров вне зависимости от расстояния между осями шкивов. Стрела прогиба зависит от длины ремня: чем больше расстояние между осями, тем длиннее ремень, следовательно, больше общая стрела прогиба даже при одинаковом натяжении. Однако при контроле данным приспособлением расстояние между его бортиками будет неизменным, а стрела прогиба – одинаковой при условии, что и натяжения ремней также одинаковы. На рис. 2.15 показаны три пары шкивов с различными расстояниями между их осями  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$ , при которых стрела прогиба  $F$  на длине  $A$  приспособления одинакова.

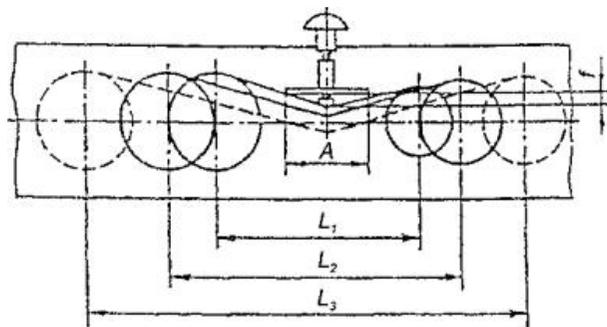


Рис. 2.15. Стрелы прогиба ремней различной длины

Приводные втулочно-роликовые цепи проверяют внешним осмотром и измерением. Цепи с трещинами, выкрашиванием металла, разрушением и деформацией деталей, проворачиванием втулок во внутренних пластинах или валиков во внешних пластинах подлежат выбраковке без проверки на удлинение. Удлинение цепи проверяют замером десяти звеньев с помощью прибора КИ-854-ГОСНИТИ на двух-трех участках, равномерно расположенных по всей длине проверяемой цепи. В измеряемые участки цепи не должны входить дефектные звенья. Дефектацию втулочно-роликовых цепей выполняют с помощью штангенциркуля (рис. 2.16) или приспособлений КИ-1854, КИ-16354 и др. При этом измеряют

длину 20 звеньев цепи, предварительно растянутой с усилием 200 Н. Длина измеряемого участка

$$l = L - \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right), \quad (2.10)$$

где  $L$  – показания штангенциркуля, мм;  
 $d_1$  и  $d_2$  – диаметры крайних роликов, мм.

Полученную длину делят на 20 и определяют средний шаг цепи. Если он больше допустимого, то цепь ремонтируют или выбраковывают.

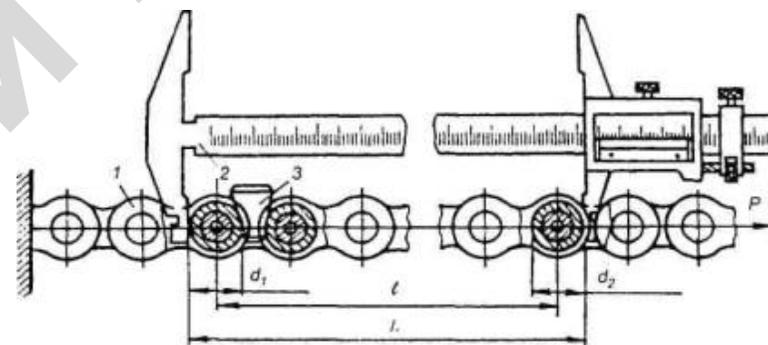


Рис. 2.16. Измерение среднего шага цепи:

1 – цепь; 2 – штангенциркуль; 3 – клин;  $d_1$  и  $d_2$  – диаметры крайних роликов;  $l$  – длина измеряемого участка цепи;  $L$  – показания штангенциркуля;  $P$  – нагрузка

Состояние рабочих поверхностей зубьев звездочек контролируют внешним осмотром. Износ зубьев по толщине, посадочных отверстий и шпоночных пазов – измерением. Допускается местное выкрашивание зубьев общей площадью не более 25 % рабочей поверхности зуба. Звездочки проверяют с помощью индикатора на радиальное и торцевое биение. Величины этих биений не должны превышать значений (для втулочно-роликовых цепей), приведенных в табл. 2.5, или 0,05–0,06 мм на каждые 100 мм диаметра звездочки для быстроходных передач и 0,08 мм – для тихоходных. Величина стрелы провисания приводных цепей должна быть не более 2 % межцентрового расстояния для горизонтальных передач и передач

с углом наклона к горизонту до  $45^\circ$ . С увеличением угла наклона передачи допускаемая стрела провисания уменьшается, и для вертикальных передач ее величину принимают не более 0,02 %. Износ зубьев звездочек цепных передач по толщине определяют штанген-зубомером или шаблоном, а по длине – штангенциркулем. Допускается износ зубьев по толщине 0,2–0,5 мм и выкрашивание цементированного слоя на двух несмежных зубьях не более  $\frac{1}{4}$  их длины или на двух смежных зубьях – меньше  $\frac{1}{5}$  их длины.

Таблица 2.5

Допуск биения звездочек цепных передач, мм

Диаметр	Допуск на биение	
	радиальное	торцевое
До 100	0,25	0,3
100–200	0,5	0,5
200–300	0,75	0,80
300–400	1,0	1,0
Свыше 400	1,2	1,5

Износ зубьев цилиндрических шестерен редукторов оборудования определяют щупом по величине бокового  $a$  (рис. 2.17) и радиального  $b$  зазоров.



Рис. 2.17. Боковой ( $a$ ) и радиальный ( $b$ ) зазоры шестерен

Зацепление зубчатых передач проверяют по контакту рабочих поверхностей зубьев. Для этого шестерню покрывают тонким слоем краски и проворачивают. Если пятно контакта находится выше делительной окружности зубьев, то межцентровое расстояние больше нормального (рис. 2.18). Если пятно контакта находится ниже делительной окружности зубьев, то межцентровое расстояние меньше

нормального. Если пятно контакта расположено с одной стороны зуба, то это свидетельствует о перекосе колес при нарезании зубьев или перекосе отверстий под подшипники в корпусе. Если положение пятна контакта не изменяется при повороте зубчатого колеса на  $180^\circ$ , то перекошена ось отверстий в корпусе. В этом случае необходимо разобрать передачу, расточить заново отверстия и запрессовать в них втулки.

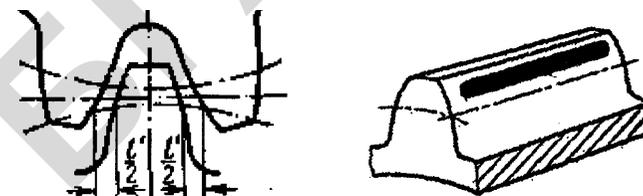


Рис. 2.18. Пятна контакта на зубьях шестерен при завышенном межцентровом расстоянии

При правильно собранной червячной передаче краска должна покрыть не менее 50–60 % поверхности каждого зуба колеса. Если средняя плоскость колеса смещена относительно оси червяка, пятно контакта расположится так, как это показано на рис. 2.19.

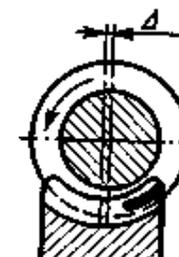


Рис. 2.19. Положение пятна контакта при смещении оси червячной передачи вправо

При нормальном натяжении тяговой цепи нижняя (нерабочая) ветвь транспортера типа ТВК должна касаться опорных досок (направляющих) на расстоянии 4–5 м от оси ведущей звездочки (рис. 2.20). Стрела прогиба правильно натянутой приводной цепи не должна превышать 22–25 мм. При слабом натяжении цепи слышен ее характерный стук по направляющим.

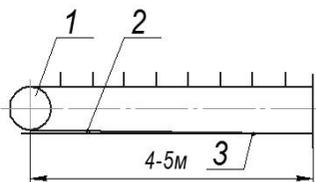


Рис. 2.20. Проверка натяжения цепи транспортера ТВК-80А:  
1 – натяжная звездочка; 2 – тяговая цепь; 3 – направляющая

Для соединения отдельных узлов машины применяют муфты, половинки которых предварительно насаживают на концы валов. Поэтому соосность узлов проверяют по полумуфтам, а в случае их отсутствия – непосредственно по поверхности концов валов. Различают три вида отклонений (смещений) от правильного расположения валов: продольное, поперечное и угловое (рис. 2.21).

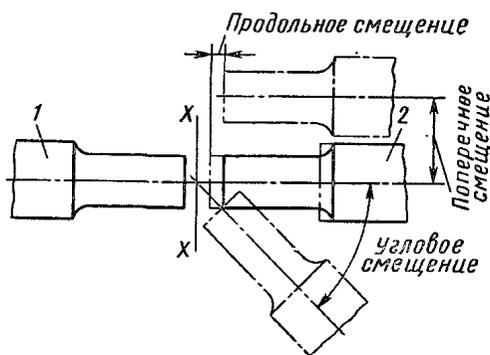


Рис. 2.21. Схемы отклонений валов:  
1 и 2 – валы

При проверке по полумуфтам валы устанавливают так, чтобы торцевые плоскости полумуфт были параллельны и расположены концентрично. Для этого необходимо совпадение образующих цилиндрических поверхностей обеих полумуфт и равенство зазоров между их торцами в любом положении. Зазоры по окружности полумуфт принято называть радиальными, а между торцевыми плоскостями полумуфт – осевыми. Для проверки соосности в зависимости от конструкции муфт применяют различные приспособления.

Концентричность обычно проверяют щупом по зазорам между скобой, установленной на одной половине муфты, и образующей поверхностью другой половины (рис. 2.22).

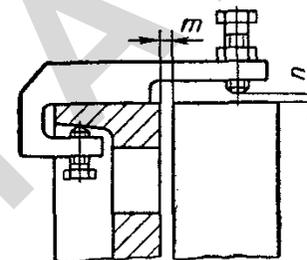


Рис. 2.22. Приспособление для центровки кулачковых муфт

Зазоры между торцевыми плоскостями полумуфт измеряют щупом в четырех противоположных точках по окружности. Запись проверки соосности ведут по форме, показанной на рис. 2.23. При этом замеры по окружности проставляют во внешних прямоугольниках, а замеры по торцу – во внутренних. Для проверки валы устанавливают в начальное положение, которое принимают за нулевое, а затем оба вала поворачивают от первоначального положения на 90, 180 и 270° по направлению вращения и замеряют при каждом их положении зазоры  $n$  и  $m$ , снимая в каждом положении валов по одному замеру  $n_1$  и  $n_2$  (и т. д.) по окружности и по четыре замера по торцам полумуфт в диаметрально противоположных местах ( $m_1, m_2, m_3, m_4$ ). При правильных замерах должны выполняться равенства:

$$n_1 + n_2 = n_3 + n_4 \text{ и } m_1 + m_2 = m_3 + m_4 . \quad (2.11)$$

Замеры по торцам полумуфт подсчитывают как средние арифметические:

$$\frac{m'_1 + m''_1 + m'''_1 + m''''_1}{4} ; \quad (2.12)$$

$$\frac{m'_2 + m''_2 + m'''_2 + m''''_2}{4} . \quad (2.13)$$

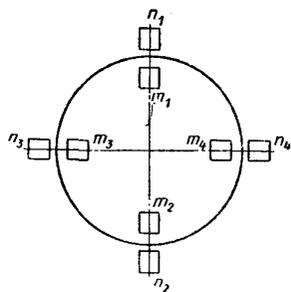


Рис. 2.23. Форма записи центрирования осей по полумуфтам

По замерам  $n_1, n_2, n_3, n_4$  и средним арифметическим значениям замеров  $m_1, m_2, m_3, m_4$  определяют положение валов и необходимые перемещения подшипников или корпусов машин.

При диагностировании пневмотрубопроводы необходимо отключать от оборудования временными заглушками с хвостовиками. После заполнения трубопровода водой с помощью гидропресса или насоса высокого давления на 5 мин создают в трубопроводе испытательное давление, затем снижают его до рабочего и простукивают молотком сварные швы на расстоянии 15–20 мм по обе стороны шва. Если манометры не показывают падения давления, а в сварных швах, фланцевых и других соединениях нет течи и отпотевания, то результаты испытания удовлетворительные.

При пневматическом диагностировании давление в трубопроводе должно подниматься постепенно при достижении следующих показателей: для трубопроводов с рабочим давлением до 0,2 МПа – 60 % испытательного давления; для трубопроводов с рабочим давлением выше 0,2 МПа – 30 и 60 % испытательного давления. Окончательный осмотр пневмопровода производится при рабочем давлении и совмещается с проверкой пневмопровода на плотность галлоидными течеискателями.

Около 70 % разрушений соединений происходит из-за срыва резьбы от чрезмерной затяжки при соединении полок швеллерных и двухтавровых балок без установки под болты и гайки косых шайб. При эксплуатации оборудования резьба изнашивается, витки сминаются, деформируются и срываются. При дефектации внешним осмотром резьба признается годной всегда, если износ витков не превышает 15–20 %, а на резьбе нет механических повреждений.

### 2.3. Техническое обслуживание кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования

Основные операции технического обслуживания кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования связаны с необходимостью проведения регулировочных и смазочных работ. Так, например, приводную цепь транспортера типа ТВК-80А регулируют перестановкой натяжной звездочки. Если перестановкой звездочки транспортера невозможно добиться нормального натяжения, то излишнее провисание устраняют удалением парного числа звеньев. Для выполнения этой операции на расстоянии 0,5 м от приводного вала просверливают отверстие диаметром 14 мм для скобы и крепят цепи транспортера к кормушке (рис. 2.24). Затем, вращая цепную муфту, натягивают нижнюю ветвь до тех пор, пока участок между звездочкой и закрепленной скобой не ослабнет настолько, что позволит рассоединить цепь и удалить парное количество звеньев. После снятия звеньев цепь соединяют и регулируют ее натяжение. С целью увеличения долговечности звездочки ее поворачивают на валу на  $180^\circ$  либо смешают цепь на один зуб звездочки. Для равномерного износа верхнего и нижнего участков цепи необходимо не реже одного раза в 6 месяцев переставлять скребки с упорами на расстояние 30 м по ходу движения транспортера, а также снимать скребки на участке нового перехода (переходной мостик) и устанавливать их на участке цепи, соответствующей старому переходу.

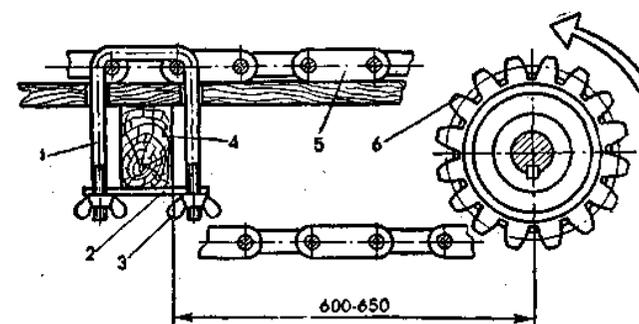


Рис. 2.24. Стопорение цепи транспортера ТВК-80А:  
1 – скоба; 2 – пластина; 3 – барашек; 4 – брус;  
5 – цепь тяговая; 6 – звездочка ведущая

Натяжение кормораздаточной цепи клеточных батарей производят при извлечении или добавлении звеньев цепи. Каждое звено можно отделить от следующего звена и соединить с другим звеном. Разделение и соединение цепи производится соединителем кормораздаточной цепи (рис. 2.25). Для разделения кормораздаточной цепи необходимо положить звено цепи в прием соединителя цепи и разделить, ударяя молотком по звену. При соединении цепи положить первое звено в соединитель цепи и загнать ударами молотка последнее звено в крюк первого звена.

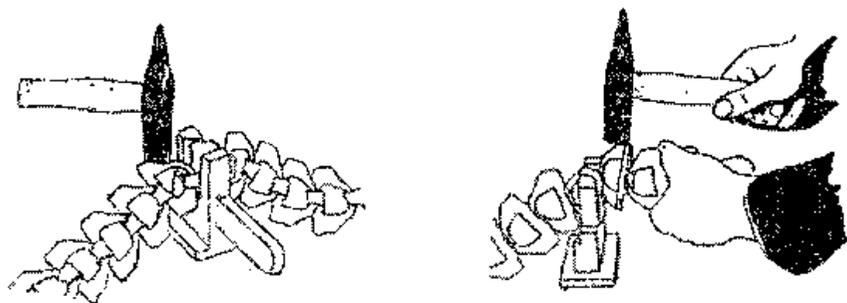


Рис. 2.25. Извлечение и добавление звена

Периодичность смазки определяется в основном условиями эксплуатации и сортом смазки. Подшипники питающих валиков смазывают минеральным индустриальным маслом 30 ежедневно, а рабочих валцов – универсальной среднеплавкой смазкой УС-2 при замене валцов, но не реже чем через 90 суток (рис. 2.26). Шестерни валцов и шейку эксцентрикового валика смазывают ежедневно автотракторным или моторным маслом. Зубья нижней шестерни межвальцовой передачи должны погружаться в смазку и при вращении захватывать ее. Замену масла или его очистку проводят ежемесячно.

Подшипники транспортеров-раздатчиков (рис. 2.27) смазывают солидолом УСс-1. Цепи смазывают летом автотракторным маслом АК-15; зимой – АКп-10. В редукторы добавляют масло индустриальное 45 (масло машинное С) или масло индустриальное 50 (масло машинное СУ). Подшипники электродвигателя смазывают универсальной тугоплавкой водостойкой смазкой.

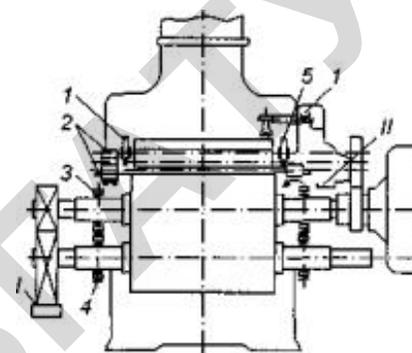


Рис. 2.26. Места смазывания вальцового станка:  
1 – подшипники питающих валиков; 2 – шестерни валцов; 3 – шейка эксцентрикового валика; 4 – подшипники (роликовые) рабочих валцов; 5 – детали автомата; I – уровень до обода шестерен; II – уровень по указателю

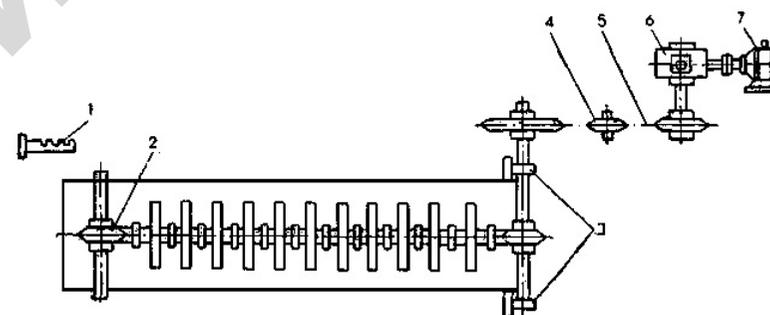


Рис. 2.27. Точки смазки транспортера-раздатчика в кормушках:  
1 – натяжной винт; 2 – подшипники ведомой звездочки; 3 – подшипники промежуточного вала; 4 – ось натяжной звездочки; 5 – цепь приводная; 6 – редуктор; 7 – подшипники электродвигателя

Смазка смесителя-раздатчика кормов (ИСПК-12Г «Хозяин») требуется для цепей, подшипников, шарниров, осей (рис. 2.28). Подшипники и ременная передача, шарниры гидроцилиндров и оси смазывают маслом Униол-1 ТУ 38 УССР 201150. Для смазки цепи втулочно-роликовой и редуктора применяют масло ТСП-15К ГОСТ 23652, а редуктора – летнее Тап-15В и зимнее ТСП-10.

Открытые зубчатые передачи обычно смазываются нанесением на рабочие поверхности зубьев смазки. Для этих целей используется

смазка графитная, полугудрон и шестеренная мазь (полугудрон – 80 % и нефтебитум – 20 %). Количество смазки (в граммах) для единовременного смазывания может быть определено по формуле:

$$Q = 0,001B(D_1 + D_2), \quad (2.14)$$

где  $B$  – длина зуба в мм;

$D_1$  – наружный диаметр шестерни, мм.

$D_2$  – наружный диаметр зубчатого колеса, мм.

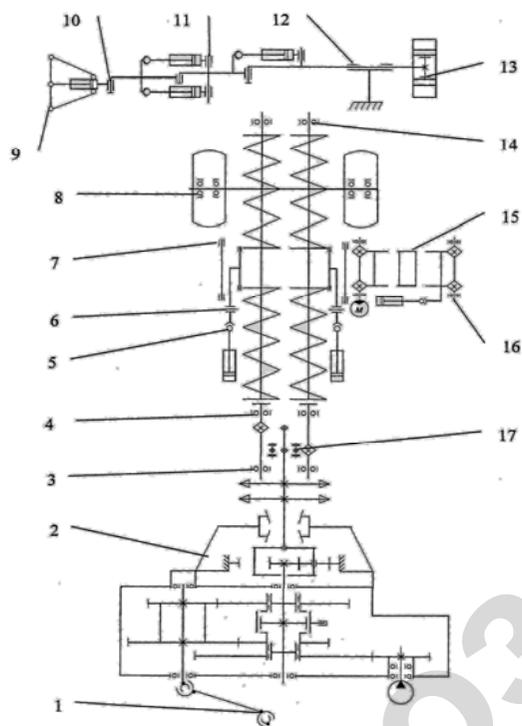


Рис. 2.28. Точки смазки мобильного смесителя-раздатчика кормов:

1 – подшипники карданного вала; 2 – редуктор; 3 – подшипники промежуточного вала; 4, 14 – подшипники вала шнека; 5, 11 – шарниры гидроцилиндров; 6, 9 – оси; 7 – направляющая; 8 – подшипник ступицы колеса; 10, 12 – подшипники скольжения звеньев погрузчика; 13 – реечная передача; 15, 17 – цепи втулочно-роликовые

## 2.4. Ремонт кормоприготовительного и кормораздаточного оборудования

Ремонтные работы связаны с устранением разрывов тросов и лент транспортеров, восстановлением работоспособности ножей и молотков, очисткой котлов от рыхлых отложений и ремонтом фундаментных болтов, устранением неполадок приводных механизмов.

Склеивание ленты транспортеров производится непосредственно на транспортере. На его раму под ленту при снятых роликоопорах устанавливают деревянный щит, который шире рамы на 0,2–0,3 м и на 1 м длиннее стыка. Зажимы стяжного приспособления устанавливают строго перпендикулярно продольной оси ленты. После этого концы ленты стягивают внахлестку на всю длину стыка. Стыкуемые концы накладывают друг на друга и проверяют параллельность кромок. Для обеспечения одинаковой прочности стыкового соединения и самой ленты, а также для того, чтобы стык плавно набегал на ролики и барабаны, концы ленты отрезают наискось. Угол скоса –  $18^{\circ}30'$ . Затем подготавливают ступенчатый стык на обоих концах ленты. Для этого размечают размеры средних ступенек длиной 250–300 мм. Надрезают (поперек) по линии последней ступени до первой прокладки резиновую обкладку и отверткой отслаивают ее немного от каркаса. Затем обкладку надрезают вдоль полосами по 25–30 мм и отрывают клещами. Далее надрезают прокладку по линии границы другой ступени так, чтобы не повредить следующую прокладку. Резиновые обкладки ленты на обеих ее сторонах срезают на скос. На стыкуемые поверхности кистью наносят клей. На горизонтальные поверхности стыка накладывают куски каландрованной резины толщиной 0,5 мм, к вертикальным поверхностям прикатывают полоски каландрованной резины шириной 3–5 мм и толщиной 1,5 мм. Накладывают стыки один на другой, прикатывают их роликом, прокалывают шилом для выхода остатков воздуха. На оба торца накладывают брекер шириной 100 мм, а на него – резиновую заготовку толщиной на 1,5–2,0 мм больше резиновой обкладки. Устанавливают с обеих сторон ленты пресс-вулканизатор, стягивают ленту до давления в стыке не менее 1 МПа. Вулканизацию проводят при температуре  $(150 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность вулканизации (мин) равна:

$$t = 5Z, \quad (2.15)$$

где  $Z$  – число прокладок ленты.

Соединение троса с шайбами тросошайбового транспортера производится путем обжатия его концов проволокой и облуживания элементов, установки втулки и шайбы, соединительного кольца и конуса, нанесения припоя после нагрева и установки кольца (табл. 2.6).

В процессе работы дробилок рабочие грани молотков под воздействием твердых частиц зерна становятся овальными. Наибольшему износу подвержены молотки, расположенные на краю ротора, где происходит «заклинивание» продукта между молотками и дробильной камерой. Максимальное количество продуктов, перерабатываемых одним комплектом молотков, составляет примерно 500–600 т. При этом средний износ молотков по весу составляет 6,0–6,5 г. Изношенные молотки (рис. 2.29) поворачивают другой стороной, острыми углами в направлении удара. После износа всех сторон молотки заменяют запасными. Молотки переставляют комплектами, каждый молоток и распорную втулку ставят на свое место. Разница в весе комплектов молотков, установленных на противоположных осях, не должна превышать 10 г. Решета переворачивают на 180° неизношенной стороной отверстий против направления вращения ротора. Решето с цилиндрическими отверстиями, так же как и молоток, может работать в четырех положениях (2 раза после износа граней отверстий его поворачивают вокруг горизонтальной оси и 2 раза – вокруг вертикальной оси). После двух перестановок решето прогибают в противоположную сторону на специальных гибочных станках.

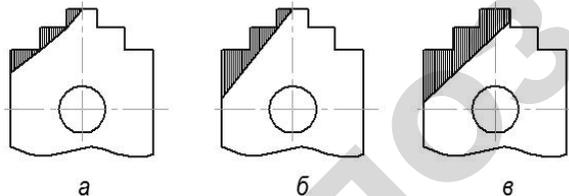


Рис. 2.29. Схема износа молотка дробилки кормов:

*а* – граница износа не дошла до оси молотка; перестановка молотка преждевременна; *б* – граница износа дошла до оси молотка; молоток следует переставить; *в* – граница износа вышла за ось молотка; перестановка запоздала

Таблица 2.6

Соединение троса с шайбами

Операция	Схема
Обжимают концы троса проволокой диаметром 2 мм и облуживают их (1 – шайба; 2 – проволока)	
Лудят поверхности конусов и втулок (3 – втулка; 4 – конус)	
Надевают втулки, шайбы и соединительное кольцо на соединяемые концы троса (5 – шайба; 6 – кольцо соединительное)	
Вставляют конусы в стренги тросов, нагревают и наносят припой (7 – трос)	
Соединяют шайбы с помощью кольца (8 – кольцо)	

Острота лезвия оценивается толщиной его рабочей кромки, которая для соломосилосорезок находится в пределах 20–40 мкм. При затуплении лезвия в процессе эксплуатации допускается увеличение толщины кромки до 100 мкм, после чего нож подлежит перезаточке. Чтобы восстановить начальную остроту, необходимо снять на заточном станке кольцевую полоску. Через 10–20 заточек нож заменяют, а противорезущую пластину переворачивают на другую сторону. Многослойные режущие кромки лезвий, которые в процессе работы с различной скоростью теряют со своих поверхностей какое-то количество металла, сохраняют в процессе взаимодействия режущей кромки с перерезаемым материалом заданные угол заточки и толщину лезвия в месте контакта. В процессе работы режущих органов кормоперерабатывающих машин, изготовленных из однородного металла, режущая грань клина изнашивается на величину  $b = \Phi / \operatorname{tg} \alpha$ . Режущие органы снимают на переточку тогда, когда износ грани  $b$  достигнет размеров, при которых  $\Phi$  станет максимальным, и качество работ не будет соответствовать зоотехническим требованиям. Переточки (рис. 2.30) осуществляются до исчерпания запаса материала на сезонный износ, т. е.:

$$\begin{cases} b = \Phi / \operatorname{tg} \alpha \\ b = b_n / n_0 \end{cases} \rightarrow b_n = \frac{\Phi n_0}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (2.16)$$

где  $n_0$  – число заточек режущей кромки.

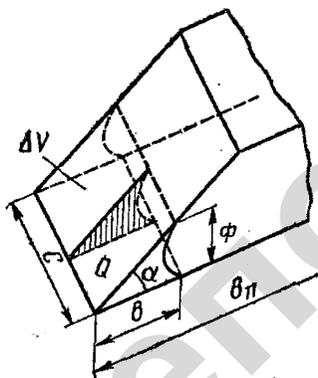


Рис. 2.30. Динамика износа однослойного ножа

С повышением твердости закаленной зоны режущей кромки износ ее уменьшается, и срок работы режущих рабочих органов увеличивается. Это позволяет считать, что изнашиваемый в процессе работы объем однородного металла есть обратно пропорциональная величина его твердости. Эффект самозатачивания режущей кромки рабочих органов в процессе резания материалов обеспечивается разная твердость  $HB$  металла ее граней, составляющих угол заточки. Следовательно, необходимо создать предпосылки, чтобы плоскость (основание треугольника упроченного металла) изнашивалась очень медленно, а по плоскости  $AC$  снимался бы объем  $\Delta V$  обычного металла с интенсивностью, пропорциональной интенсивности изнашивания  $\Delta V_x$  – объема упроченной (хромом, сормайт) части режущего органа.

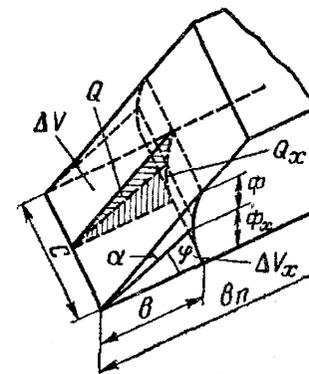


Рис. 2.31. Динамика износа двухслойного ножа

Таким образом, эффект самозатачивания зависит от соотношения объемов упроченной и неупроченной частей режущего органа, их твердости, углов заточки. Выявлены три характерных положения.

1. При  $HB = \frac{2}{3} HB_x$  (где  $HB_x$  – заданная твердость упроченной

части) угол заточки  $\alpha$  изменяется в сторону нарастающего по выработке увеличения. Возрастает лобовая поверхность, создающая дополнительное сопротивление резанию материалов. Качество работы с увеличением периода использования режущего органа

ухудшается. Через определенное время возникает необходимость переточки режущей кромки с целью восстановления первоначальной геометрической формы.

2. При  $HB = \frac{1}{2} HB_x$  обеспечивается пропорциональная интенсивность изнашивания объемов неупрочненной и упрочненной частей режущего органа. Режущие органы работают без переточки до полного износа, ограничиваемого запасом на износ  $b_{и}$ , после чего их выбраковывают.

3. При  $HB = \frac{1}{3} HB_x$  (износ неупрочненной части происходит по площади сечения  $Q_1$ ). Наилучший эффект самозатачивания режущей кромки находится в пределах от 0,05 до 0,07 мм.

Для получения эффекта самозатачивания лезвий применяется односторонняя наплавка твердыми сплавами. Сущность самозатачивания заключается в избирательном износе неоднородного по сечению лезвия, при котором сохраняются необходимая форма и режущие свойства детали. При взаимодействии двухслойного лезвия с материалом более твердый слой изнашивается менее интенсивно и, следовательно, выступает вперед, образуя режущую кромку лезвия. При правильном выборе материала двухслойного лезвия и его геометрических параметров обеспечивается самозатачивание деталей из многих материалов, тем самым исключается заточка режущей кромки и в несколько раз увеличивается срок его службы. Наплавленные по боковым граням ножи измельчителя кормов становятся самозатачивающимися, и их технический ресурс между переточками увеличивается в 5–8 раз. Технология изготовления самозатачивающихся ножей (рис. 2.32) включает шлифование боковых граней до удаления следов износа (до толщины ножа 6,0–6,5 мм), наплавку на прошлифованные поверхности 1 слоев сормита № 1 толщиной 1,5–2,0 мм и последующее выравнивание их на плоскошлифовальном станке. При этом надо обеспечить одинаковую толщину твердого слоя на обеих боковых гранях и параллельность поверхностей. Толщина лезвия ножа после обработки должна быть 8<sub>-0,05</sub> мм. Торцевую поверхность лезвий 2 предварительно наплавляют до первоначального размера малоуглеродистой сталию.

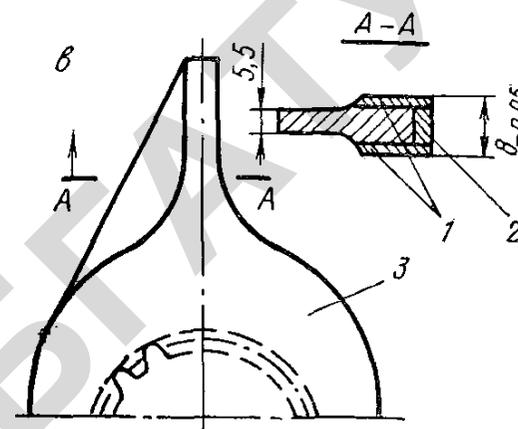


Рис. 2.32. Упрочнение ножа измельчителя кормов:  
1 – слой сормита; 2 – слой из малоуглеродистой стали; 3 – нож

Одновременно с молотками изнашиваются шарниры молотков вследствие статической и динамической неуравновешенности ротора и молотков. Неуравновешенность дробильного ротора снижает долговечность узлов машины, главным образом подшипников и валов. Поэтому дробильный ротор нужно балансировать в сборе со всеми деталями (но без молотков) после каждого ремонта. До установки молотков собранный ротор может обладать таким же дисбалансом, как и ножевые барабаны измельчителей кормов.

Механическая очистка котлов от рыхлых отложений осуществляется металлическими щетками, от твердых – головками, приводимыми в действие гибкими валами диаметром 12, 16, 20 и 25 мм, заключенными в гибкий металлический рукав от электро- или пневмопривода. Пневмопривод состоит из пневмотурбинки, соединенной шарниром с головкой, и двух резиновых шлангов. Один из шлангов подводит сжатый воздух к рабочему месту, а другой является рабочим. Электропривод (рис. 2.33) состоит из электродвигателя мощностью 2,8–3,0 Вт и частотой вращения 1500/3000 мин<sup>-1</sup>, пусковой аппаратуры и понижающего трансформатора (напряжение на кнопках управления не должно превышать 12 В).

Головки (рис. 2.34) подбирают в зависимости от диаметра труб и степени их загрязнения. Диаметр головки в сложенном виде должен быть на 3–4 мм меньше диаметра трубы, свободной от отложений.

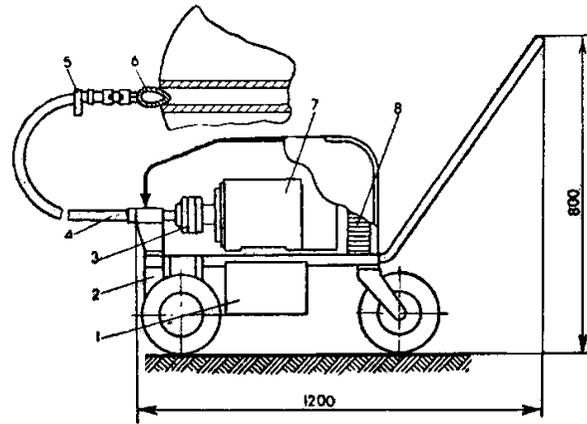


Рис. 2.33. Установка ОПР-3588 для очистки труб от накипи:  
1 – щит управления; 2 – ящик с инструментом; 3 – муфта; 4 – вал гибкий; 5 – рукоятка;  
6 – головка эллипсоидная; 7 – электродвигатель; 8 – кабель электрический

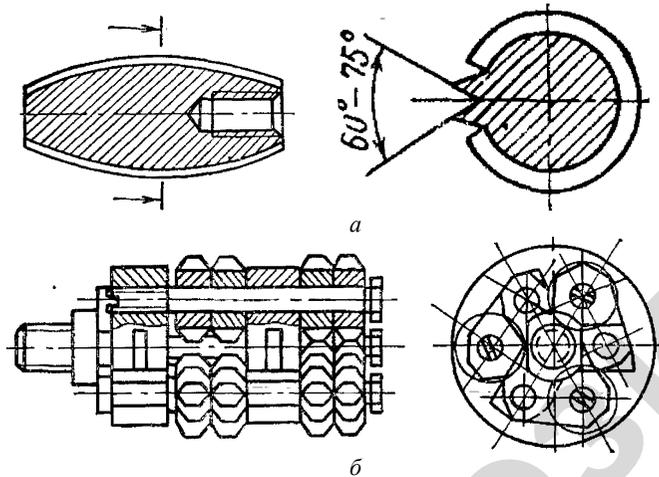


Рис. 2.34. Типы головок для механической очистки труб:  
а – эллипсоидная; б – раскидная

Эллипсоидные головки применяют для предварительной очистки сильно загрязненных труб. При этом толщина отложений в трубах доводится до 0,5–1,0 мм. Окончательную очистку труб проводят головками (табл. 2.7).

Диаметр головок, мм

Тип котла	Диаметр загрязненной трубы, не менее, мм	Головка		
		эллипсоидная		раскидная
		Операция № 1		Операция № 2
1 проход	2 проход			
Д-721	20	20	28	28
КВ-200	35	35	40	48
КМ-1600	60	60	–	125

Трубы с большими отложениями очищают возвратно-поступательной подачей гибкого вала с головкой, а при малых отложениях – равномерной подачей его вперед. Во время работы в трубу подают воду для охлаждения инструмента и смыва удаляемых отложений. Окончив работу, трубы промывают водой. Признаком нормальной работы служит равномерный шум головки и легкая вибрация гибкого вала. Когда гибкий вал работает неравномерно, рывками или стремится образовать петли, следует ослабить нажим на головку или уменьшить частоту вращения ротора двигателя. Если принятые меры не обеспечивают нормальную работу, то гибкий вал заменяют другим, большего диаметра.

При ремонте оборудования большой объем работ связан с устранением неисправностей механизмов привода цепных и ременных передач. Ремни и шкивы ременной передачи в основном изнашиваются, если радиальное и осевое биения шкивов выше допустимых пределов, нарушена параллельность валов, ослаблены или чрезмерно натянуты ремни, сечение клиновых ремней не соответствует профилю канавок шкивов. В результате длительной работы или неправильной установки приводные ремни преждевременно изнашиваются, разрываются. При склеивании концов плоских ремней их расслаивают и соединяют уступами, затем очищают и промывают растворителем. На подготовленную поверхность концов трижды наносят клеевую смесь. Концы ремней соединяют между собой, прикатывают роликами, затем зажимают между двумя металлическими планками на 3–4 ч и сушат в течение 24 ч при 20 °С.

Клиновые ремни при разрыве обычно заменяют, иногда склеивают. Соединяемые концы ремня покрывают самовулканизирующейся

пастой, зажимают в форме и подвергают прогреву при температуре 60–70 °С в течение 15 мин. В шкивах под клиновидные ремни изнашиваются поверхности канавок. Этот износ в ряде случаев достигает такой величины, что ремень опускается до дна канавки. При этом происходит излом буртиков шкива и нарушается его балансировка. Для устранения износа в шкивах клиноременных передач обтачивают поверхности обода и стенок канавок, а дно канавок углубляют. При ремонте шкивов протачиванием уменьшение диаметра должно быть таким, чтобы линейная скорость ремней изменилась не более чем на 5 % от первоначальной. Для сохранения прежнего передаточного отношения рекомендуется протачивать оба шкива. Если отремонтированный шкив, установленный на валу, который свободно вращается в подшипниках, стремится остановиться после окончания вращения в одном и том же определенном положении, то это указывает на несовпадение центра тяжести с геометрической осью вращения. Неуравновешенность шкива приводит к появлению в передачах маховых моментов, повышает интенсивность изнашивания деталей подшипниковых опор передач. Поэтому отремонтированные шкивы перед сборкой передач должны быть отбалансированы. 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 неуравновешенная центробежная сила инерции:

$$F = m r \omega^2, \quad (2.17)$$

где  $F$  – центробежная сила, Н;

$m$  – неуравновешенная масса, кг;

$r$  – расстояние от массы  $m$  до оси вращения детали, м;

$\omega$  – угловая скорость вращения, рад/с.

Из формулы видно, что неуравновешенность особенно опасна при большой частоте вращения, так как сила инерции пропорциональна ее квадрату. 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 шкив, смонтированный на точно обработанную и уравновешенную оправку, устанавливают на горизонтальные

призмы или ролики с малым сопротивлением в опорах. Под действием неуравновешенной массы, создающей крутящий момент, шкив самопроизвольно повернется и установится так, что эта масса будет находиться в нижнем положении. Устраняют дисбаланс удалением металла с утяжеленной (нижней) стороны шкива сверлением, фрезерованием, опиловкой. Массу удаляемого металла или прикрепляемого груза определяют опытным путем, добиваясь, чтобы после поворота шкива на любой угол он оставался бы неподвижным (как бы в состоянии безразличного равновесия).

Для того чтобы обеспечить нормальную работу зубчатых колес конической зубчатой передачи, необходимо отрегулировать боковой зазор между зубьями колес до заданного значения. Допускаемый размер бокового зазора задается в рабочих чертежах либо в технологической карте на сборку передачи. Для передач средней точности боковой зазор колеблется от 0,08 до 0,2 мм. При сборке конических зубчатых передач боковой зазор можно регулировать, смещая зубчатое колесо вдоль оси: при смещении колеса к вершине условного конуса зазор будет уменьшаться, а при его смещении в другую сторону – увеличиваться. Регулирование колес в осевом направлении можно осуществлять с помощью стальных или латунных прокладок, которые помещают между ступицей зубчатого колеса и заплечиками вала. Вместо прокладок можно применять регулировочные кольца. Если вал установлен в регулируемых радиально-упорных подшипниках, положение колеса регулируют, перемещая его вместе с валом. Чтобы не нарушить регулировку подшипников, вынутые из-под одного подшипника прокладки устанавливают под другой. Таким же образом поступают при регулировании зазоров в подшипниках с помощью винтов (если один винт отпущен на  $1/2$  оборота, то второй должен быть затянут на  $1/2$  оборота, чтобы зазор в подшипниках сохранился без изменения).

Правильность зацепления определяют по пятну контакта. Для этого на рабочие поверхности нескольких зубьев ведомого конического колеса наносят тонкий слой масляной краски. Притормаживая рукой ведомое зубчатое колесо, поворачивают ведущее колесо в обе стороны. В конической зубчатой передаче колеса входят в контакт не по всей длине зуба, а только по той его части, которая расположена ближе либо к толстому, либо к тонкому его концу. Для нормальной работы передачи положение колес целесообразно

регулировать таким образом, чтобы зона контакта находилась ближе к тонким концам зубьев, так как эта сторона легче поддается деформирующим нагрузкам, и зубья быстрее прирабатываются (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Регулировки зацепления конических колес

Положения пятна контакта на зубьях ведомого зубчатого колеса		Способ исправления	Направление перемещения шестерни или зубчатого колеса: стрелка – обязательное, пунктир – при необходимости
Передний ход	Задний ход		
		Придвинуть зубчатое колесо к ведущей шестерне. Если при этом получится слишком малый боковой зазор между зубьями, то отодвинуть ведущую шестерню	
		Отодвинуть зубчатое колесо от ведущей шестерни. Если при этом получится слишком большой боковой зазор между зубьями, то придвинуть ведущую шестерню	
		Придвинуть ведущую шестерню к зубчатому колесу. Если боковой зазор будет слишком мал, то отодвинуть зубчатое колесо	
		Отодвинуть ведущую шестерню от зубчатого колеса. Если боковой зазор будет слишком велик, то придвинуть зубчатое колесо	

При ремонте резьбовых соединений приходится извлекать обломки крепежных деталей разными способами. Если, например, сломанная часть шпильки выступает над поверхностью детали, то запиливают грани на выступающей части или приваривают электрод и вывинчивают обломок. Используют также керн или тонкий бородок, которые приставляют концом к верхней части обломка. Им придают наклон в направлении, противоположном заходу резьбы. Затем постукиванием молотка по керну или бородку вывинчивают обломок. По одному из способов в обломке сверлят отверстие и ввертывают бор, с помощью которого (вращением) удаляют обломок.

Если шпилька сломалась заподлицо с плоскостью, то ее можно высверлить (рис. 2.35). Перед высверливанием обрабатывается торец шпильки и точно по ее центру производится кернение. Далее сверлом малого диаметра (3–4 мм) сверлят в шпильке отверстие насквозь строго по ее оси. Затем сверлом диаметром  $D = D_0 - S$  (здесь  $D_0$  – диаметр резьбы;  $S$  – шаг) необходимо высверлить шпильку и нарезать резьбу заново.

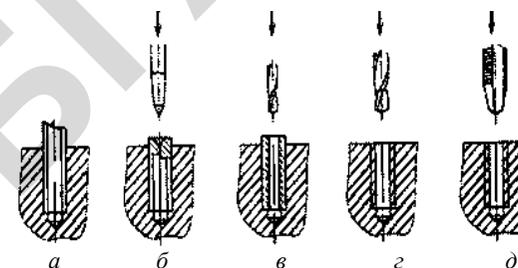


Рис. 2.35. Схема высверливания обломанной шпильки:

*a* – исходное состояние; *б* – обработка торца и кернение центра; *в* – сверление сверлом малого диаметра; *г* – сверление сверлом под внутренний диаметр резьбы; *д* – нарезание резьбы метчиком

При износе шпоночный паз ремонтируют наплавкой грани с последующим фрезерованием. Для ремонта может быть использована вбродуговая наплавка, основным преимуществом которой является низкая температура нагрева детали (не выше 90–100 °С). Такой нагрев не вызывает деформации и снижения твердости соседних закаленных участков ремонтируемой детали.

Шлицы изнашиваются преимущественно по боковой поверхности. У шлицевых валов с мелкими шлицевыми впадинами между шлицами (диаметр вала до 45–50 мм), имеющих ширину шлицев до 5–6 мм, канавки заглавливают, обтачивают до нормального диаметра и фрезеруют шлицы нормальной толщины. При износе шлицев по толщине в пределах 0,5–1,2 мм на их наружную поверхность наплавляют валики металла и осаживают на гидравлическом прессе посредством шлиценакатной головки. Если износ шлицев превышает 1,2 мм, то на их боковые и наружные поверхности наплавляют металл и осуществляют механическую обработку.

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОПОЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

#### 3.1. Организация и технология монтажных работ

При водоснабжении животноводческих ферм и комплексов применяют центробежные и вихревые насосы типа К, ЦВ, ВК/ВКС и их модификации, а также погружные насосы ЭЦВ и их модификации. Для поения крупного рогатого скота используются индивидуальные поилки (ПА-1А и ПА-1Б) и групповые поилки (АГК-4А). При беспривязном содержании КРС рекомендуется также использовать поилки производства ОАО «Гомельагрокомплект».

Внешние водопроводы из асбестоцементных и чугунных труб (для распределения воды по территории животноводческой фермы) прокладывают на глубине ниже уровня промерзания грунта с уклоном от 0,002 до 0,005. Внутренний диаметр труб составляет: асбестоцементных – 80, 75, 100, 125, 200, 250 и 300 мм; чугунных – 50, 75, 100, 125, 150, 200 и 250 мм. При прокладке внешнего водопровода соблюдают последовательность операций: размечают и расчищают трассу; отрывают траншею, опускают и укладывают в нее трубы, заделывают стыковые соединения с подбивкой и частичной засыпкой труб грунтом; испытывают систему; засыпают траншею грунтом и проводят повторное испытание водопровода.

Трассу, предварительно расчистив ее бульдозером, разделяют на участки определенной длины при помощи теодолита. При этом намечают смотровые колодцы. Завозимые на трассу трубы укладывают вдоль траншеи на расстоянии 1 м от бровки с противоположной стороны отвала грунта. Траншею роют экскаватором, выбирая ее форму в зависимости от свойств грунта. Ширину траншеи по дну при диаметре трубы до 500 мм принимают на 0,6 м больше диаметра трубы и на 0,3 м больше при диаметре свыше 500 мм. При укладке труб малого диаметра ширина траншеи должна быть не менее 0,7 м. Трубы в траншеи укладывают снизу вверх по уклону раструбами вперед, оставляя между концами труб зазор, равный 3–4 мм. Легкие

трубы опускают на двух канатах, тяжелые – при помощи тали, подвешенной к козлам, или автокраном. Раструб уложенной трубы центрируют в траншее, используя отвес, опущенный с осевой проволоки. Гладкий конец трубы центрируют в раструбе при помощи зубил. Раструбы обычно заделывают свитыми жгутами из смоляной пряжи, а стыки заделывают портландцементом или свинцом.

Асбестоцементные трубы соединяют муфтами с уплотнением резиновыми кольцами. Испытание водопровода из чугунных труб проводят при помощи гидравлического пресса давлением, превышающим рабочее на 0,05 МПа, а из асбестоцементных труб – на рабочее давление с коэффициентом 1,5.

Внутренний водопровод прокладывают из стальных труб диаметром 15–60 мм. Для соединения труб применяют короткую и длинную резьбы. Водопроводы крепят на кронштейнах или подвесках, соединяя трубы сваркой или резьбовыми муфтами. При короткой резьбе получают соединение, разъединить которое можно, только разрезав трубу. Соединение на длинной резьбе, называемой сгоном, можно разъединить без разрезки трубы путем сгона контргайки и муфты в сторону длинной резьбы. Резьбовые соединения уплотняют льняной прядью, пропитанной специальной пастой или суриком.

Водоподъемники поставляются в собранном виде или отдельными составными частями. Электронасосный агрегат монтируется на глубину так, чтобы головка насоса находилась на один метр ниже динамического уровня, а минимальное расстояние от дна электродвигателя до фильтра скважины должно быть также не менее одного метра. При расположении электронасосного агрегата на участке фильтра возможен вынос песка и крупных фракций из фильтровой части вследствие увеличения скорости воды в суженном агрегатом сечении скважины. Электронасосный агрегат, всасывая их, преждевременно выходит из строя.

Металлические бесшатровые водонапорные башни изготавливают на заводах в виде отдельных блоков, которые после доставки к месту монтажа собирают на земле и затем устанавливают башню на заранее подготовленный фундамент. Фундамент под башню делают из бутобетона, приготавливаемого из бутового камня марки 200 или из боя красного кирпича марки 100 и бетона марок 75 или 100. Цемент для фундамента башни должен быть не ниже марки 200; количество камня (или боя кирпича) должно составлять примерно

$\frac{1}{3}$  объема бутобетона. Бутобетон укладывают в котлован фундамента сплошным массивом без всяких перерывов в работе, иначе фундамент получится слоеным, что недопустимо. При укладке бутобетона в котлован в нужных местах устанавливают деревянные пробки под анкерные болты. Пробки после 5–7-дневного выдерживания бутобетона перед установкой башни на фундамент вынимают, в результате чего в фундаменте образуются гнезда для анкерных болтов, которыми башню крепят к фундаменту. Пробки под анкерные болты располагают так, чтобы ось напорно-разводящей трубы башни проходила через центр двух пробок, расположенных под углом  $180^\circ$ . Узлы башни собирают в основном на сварке. Колонну автокраном или вручную на катках подводят к фундаменту и укладывают на клетках из бревен так, чтобы башмаки днища башни были обращены к обрезу фундамента. Бак соединяют с колонной установочными болтами, следя при этом, чтобы сварочный зазор между диафрагмой (конической частью) днища бака и колонной не превышал 5 мм. Перед сваркой концы стыка на расстоянии 20 мм по обе стороны тщательно очищают от ржавчины и грязи. Свариваемый шов вначале прихватывают в трех-четыре места по окружности стыка, а затем тщательно проваривают поворотной сваркой в два слоя. При поворотной сварке сначала проваривают верхнюю половину шва, а затем, после поворота башни на  $180^\circ$ , – вторую половину. После сварки шва монтажные болты удаляют и болтовые отверстия заваривают. Качество сваренного шва проверяют керосином, для чего на наружную сторону шва наносят слой мелового или известкового раствора, который затем обильно смачивают керосином. Если керосин не пройдет сквозь сваренный шов и не будет заметно следов раствора с внутренней стороны шва, значит, сварка удовлетворительная. После приварки к колонне бак соединяют с крышкой на двенадцати монтажных болтах, устанавливают в крышке вентиляционную, а в баке контрольную трубы и приваривают к башне наружную лестницу. При установке крышки надо следить за тем, чтобы положение люка крышки совпадало с ходовыми скобами внутри бака и наружной лестницей.

Если необходима теплоизоляция, ее выполняют из сухих досок после полной сборки башни на земле; пространство между деревянной обшивкой и стенками бака заполняют стеклянной ватой, шлаковой ватой, паклей или измельченной соломой. Перед подъемом

башни днище колонны и наружную поверхность ее стенок для предохранения от ржавления покрывают на высоту не менее 2 м двумя слоями горячей битумной мастики. Между слоями мастики рекомендуется проложить обертку из мешковины. По окончании сборочных работ днище башни укладывают на край фундамента, вынимают деревянные пробки из гнезд анкерных болтов и приступают к подъему башни на фундамент.

Поднимать башню удобнее всего пятитонным автокраном. Если нет автокрана, башню поднимают при помощи трубчатой мачты (диаметром 245 мм, толщиной стенок 7 мм и высотой 11 м) и лебедки или трактором. При использовании автокрана 8 (рис. 3.1) его устанавливают на расстоянии 9 м от башни и дают стреле самый малый вылет (3,8 м). Затем на расстоянии 23 м от башни устраивают земляной якорь 9 для анкерной стрелы крана и три свайных якоря 1, служащие для крепления тормозного троса 3, лебедки 2 и боковых расчалок 10. Свайные якоря боковых расчалок устраивают на расстоянии 18 м от центра фундамента. После этого проводят анкерную стрелу крана тросом 7 и натягивают боковые расчалки 10. Автокран, стреловый полиспаст, ось башни, тормозная лебедка и земляной якорь должны находиться точно на одной линии, т. е. в одной вертикальной плоскости (плоскости подъема). Башню обвязывают тросом 6, предварительно подложив под трос по окружности ствола башни подкладки из толстых досок или бревен, скрепленных между собой скрутками из мягкой проволоки.

После окончания подготовительных работ башню плавно, без рывков, поднимают автокраном на козлы 4 высотой 4,7 м. Перед подъемом башни на фундамент необходимо провести пробный подъем ее над козлами на высоту 15–20 см для проверки исправности всех креплений, прочности подъемной оснастки и тросов. Проверка длится не менее 10 мин. Поворотный механизм автокрана при этом должен быть заторможен. Убедившись в исправности оснастки, башню поднимают дальше, постепенно ослабляя при этом тормозной трос лебедки.

В процессе подъема башни не допускается регулировать натяжения боковых расчалок. К моменту прохождения центра тяжести башни над осью вращения необходимо следить за тем, чтобы тормозной трос плавно включился в работу. Дальнейший подъем башни проводят при выключенном стреловом полиспасте за счет отпущения тормозного троса.

### 3.2. Диагностика оборудования водопоеения и водоснабжения

Диагностирование оборудования водопоеения и водоснабжения ферм направлено на определение утечек воды, технического состояния поилок и водяных насосов. Достигается это своевременным обнаружением и предотвращением отказов, при этом проводится безразборная оценка состояния оборудования, позволяющая давать рекомендации по выполнению определенных ремонтно-обслуживающих воздействий или замене сборочных единиц и деталей.

Для определения утечки на вводе в здание последовательно закрывают задвижки 2 и 5, исправность которых также должна быть проверена (рис. 3.2). После этого вывинчивают пробку из контрольного патрубка. Осветив отверстие контрольного патрубка, наблюдают за уровнем воды. Резкое его понижение говорит о большой утечке и серьезном повреждении ввода. Если уровень воды в отверстии не меняется, утечки нет. Некоторые опытные эксплуатационники определяют утечку на вводе ладонью, закрывая ею контрольный патрубок сверху (после предварительного заполнения патрубка водой). При наличии утечки ощущается присасывание ладони.

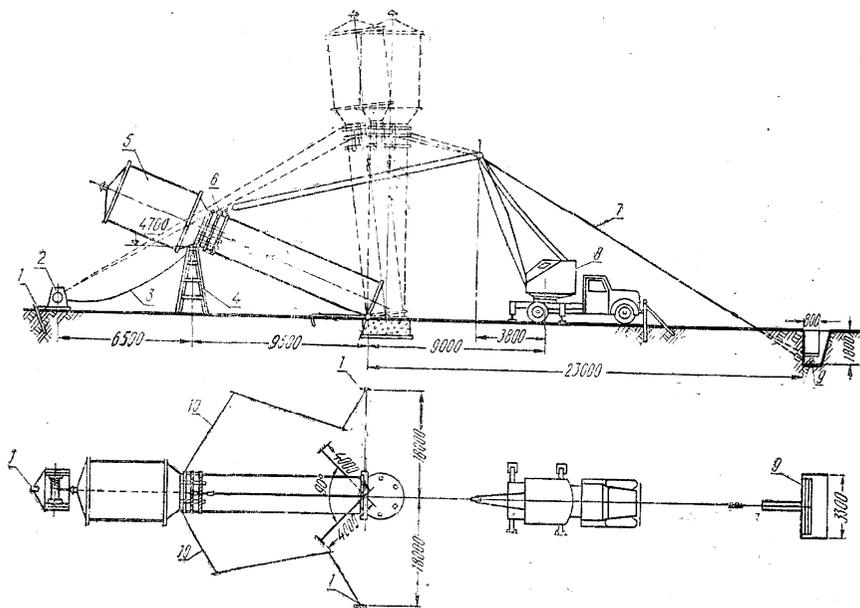


Рис. 3.1. Схема подъема металлической бесшатровой водонапорной башни с помощью автокрана:

- 1 – свайные якоря; 2 – лебедка; 3 – тормозной трос; 4 – козлы; 5 – башня; 6 – обвязка; 7 – анкерный трос; 8 – автокран; 9 – земляной якорь; 10 – боковые расчалки

После подъема башни на фундамент с помощью отвесов выверяют ее вертикальность, устанавливают анкерные болты, которые заливают цементным раствором, и башню закрепляют расчалками в трех направлениях под углом  $120^\circ$ . Через 36–48 ч, когда затвердеет цемент, анкерные болты затягивают и приступают к сборке напорно-разводящей и сливной труб. К двум сваренным в нижнюю часть колонны патрубкам присоединяют задвижки и на месте их расположения устраивают смотровой колодец. К патрубку, расположенному на высоте 300 мм от дна колонны, подводят напорно-разводящую трубу, другой конец которой соединяют с наружной водопроводной сетью, а к патрубку, расположенному на высоте 150 мм, присоединяют сливную трубу, конец которой выводят в сток. Для предохранения выходящих из башни труб от промерзания вокруг башни делают земляную обсыпку на высоту не менее 2 м, после чего снимают растяжки.

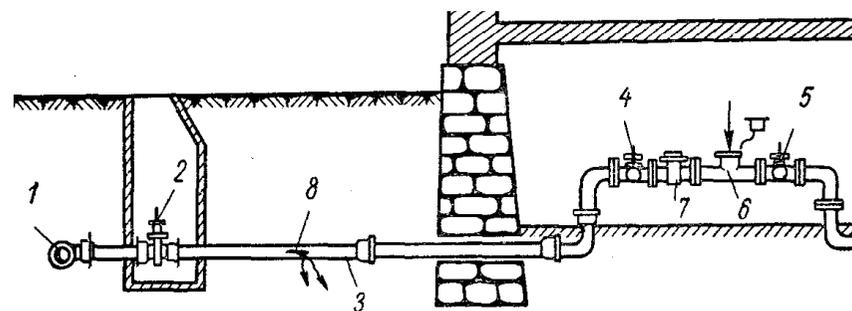


Рис. 3.2. Способ определения утечки на вводе в здание:

- 1 – наружная сеть; 2 – колодец с задвижкой; 3 – ввод в здание; 4 – кран до водомера; 5 – кран после водомера; 6 – контрольный патрубок (пробка вывинчена); 7 – водомер; 8 – место утечки

Определение утечки в наружной водопроводной сети производят с помощью специального водомерного узла (рис. 3.3). При этом способе выключают обследуемый участок и вышележащий (питающий)

участок. Затем полностью разбирают задвижку, отделяющую обследуемый участок от выше лежащего. На место шиберного устройства задвижки вставляют специальную заглушку 3, прижимаемую сверху фланцем 4. Имеющиеся в заглушке два крана соединяют обводной трубкой диаметром 19 мм через водомер 1 с двумя вентилями. Это простое устройство позволяет установить величину скрытой утечки на обследуемом участке, но не определяет ее местоположение.

В процессе эксплуатации в трубопроводах появляются различные неисправности. Характерные дефекты труб: трещины, разрывы, свищи, а также нарушения резьбовых, сварных и других соединений. При ремонте трубопроводов часто возникает необходимость определить точные границы трещин. Для этого с дефектного места удаляют изоляцию, обильно смачивают его керосином, а через 0,5 ч тщательно вытирают и простукивают молотком. В тех местах, где есть трещина, на поверхности трубы выступает керосин в виде мелких капель и пузырьков.

Центробежный консольный насос отцентрирован правильно, если после прикладывания к муфте линейки в различных точках к образующим соединительных муфт отсутствует просвет (рис. 3.4). Несоосность валов допускается в пределах 0,15–0,2 мм.

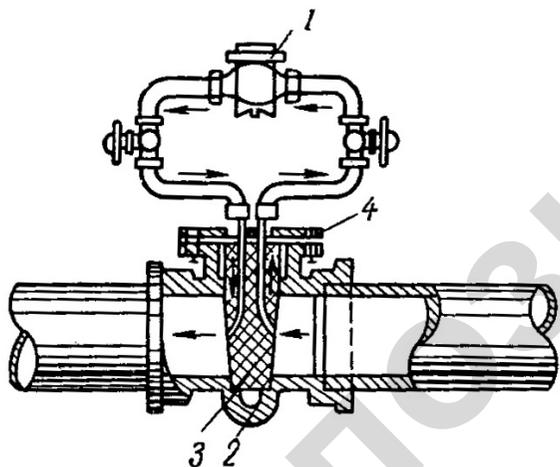


Рис. 3.3. Способ определения утечки воды в наружной сети:  
1 – водомер; 2 – корпус задвижки; 3 – заглушка; 4 – фланец

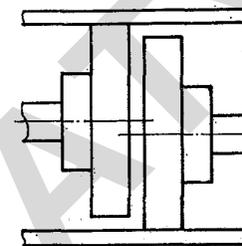


Рис. 3.4. Признак несоосности валов центробежного насоса и электродвигателя

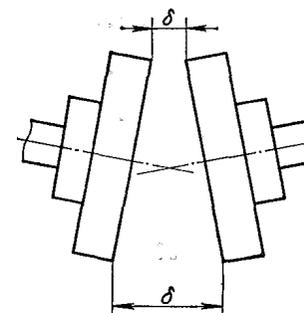


Рис. 3.5. Признак отсутствия центровки валов центробежного насоса и электродвигателя:

Зазор между соединительными муфтами (рис. 3.5) должен быть 0,5–8,0 мм. Допустимая разница в замерах – 0,1–0,2 мм.

### 3.3. Техническое обслуживание оборудования водопоеения и водоснабжения

Техническое обслуживание осуществляется в соответствии с руководством по эксплуатации, представляемым заводом-изготовителем на конкретный тип (марку) оборудования.

При техническом обслуживании сложного оборудования, такого как электронасосные агрегаты, рекомендуется выполнять следующие операции:

– ежедневная проверка показаний амперметра: ток, потребляемый электродвигателем, не должен превышать номинальный, указанный в паспорте агрегата, более чем на 20 %;

– проверка (1 раз в месяц) наличия примесей в воде: если на дне прозрачной емкости скапливается осадок больше допустимого 0,01 %, то для нормальной работы электронасосного агрегата необходимо немного прикрыть задвижку до наступления осветления воды;

– проверка (1 раз в месяц) показания манометра при полностью закрытой задвижке и при полностью открытой (показания манометра должны отличаться не менее чем на 15 %). Потери в напорном трубопроводе определяются при полностью открытой задвижке по показаниям манометра для работающего и неработающего агрегата (показания манометра могут отличаться не более чем на 7 %);

– измерение (1 раз в месяц) подачи насоса расходомером, а также статического и динамического уровней с помощью серийно выпускаемых уровнемеров.

Необходимое давление воды в водопроводе клеточной батареи поддерживается емкостью с поплавком, а при наполном содержании птицы – регулятором (рис. 3.6). Давление в водопроводной трубе обеспечивается регулировочным винтом и пружиной. Сжатие пружины снижает давление в сети, а ее ослабление – увеличивает.

Для определения высоты подвеса поилки и уровня жидкости в регуляторе пользуются зависимостями (рис. 3.7). На ярусе для цыплят ниппельные поилки централизованно регулируются по высоте (по мере роста цыплят).

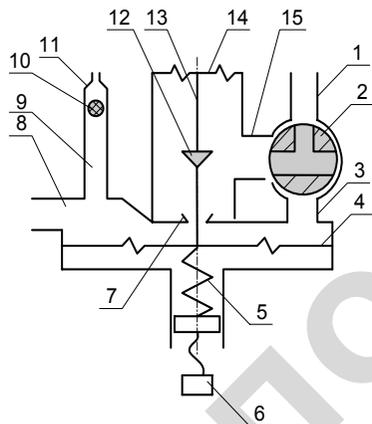


Рис. 3.6. Регулятор уровня:

1 – водопровод; 2 – кран; 4, 14 – мембраны; 5 – пружина; 6 – винт; 7, 11 – отверстия; 3, 8, 15 – патрубки; 9 – трубка; 10 – поплавок; 12 – клапан; 13 – шток

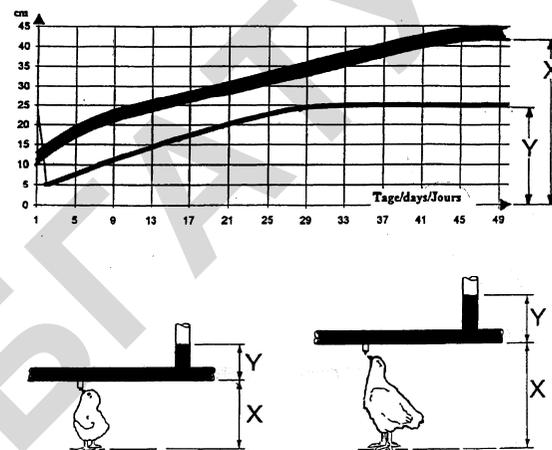


Рис. 3.7. Графики зависимости регулирования давления воды от возраста птиц

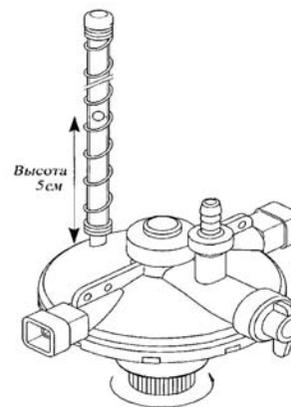


Рис. 3.8. Регулятор давления воды

Например, при использовании ниппелей без каплесборных чашек необходимо отрегулировать уровень воды в измерительной линейке регулятора уровня на высоте минимум 5 см (рис. 3.8). Если регулятор установлен в линии поения с каплесборными чашками, выставляют постоянное давление на регуляторе величиной 25 см.

При уменьшении подачи центробежного консольного насоса за допустимые пределы вихревых насосов регулируют торцовые зазоры. Сумму зазоров необходимо выдержать в пределах 0,1–0,15 мм

для насосов ВК1/16, ВКС1/16, ВКО1/16 и 0,40–0,15 мм – для остальных типоразмеров насосов. Величина зазоров регулируется подбором толщины регулировочных прокладок и может быть замерена щупом через входной или выходной патрубки насоса.

Дезинфекцию водопроводных сетей проводят сразу же после промывки, используя для этого 4–5%-й раствор хлорной извести или жидкий хлор из расчета 25 г активного хлора на 1 м<sup>3</sup> воды в объеме промываемого участка. Раствор вводят через напорный стояк в местах установок пожарных гидрантов. Чистую воду подают в дезинфицируемый участок водопровода до тех пор, пока из отводного стояка с рукавом не будет выливаться вода, сильно пахнущая хлором. После этого задвижки закрывают и обеззараживаемый участок трубопровода на сутки оставляют заполненным хлорной водой. Через сутки воду удаляют и этот участок водопровода вторично промывают до исчезновения в воде хлорного запаха. Таким же образом дезинфицируют последующие участки сети.

### 3.4. Ремонт оборудования водопоения и водоснабжения

Ремонт включает комплекс операций по устранению течи, работоспособности насосов, очистке труб от засорений. Расстройство стыковых соединений на водопроводных трубах является наиболее частым видом повреждения и составляет 60–70 % от общего числа. Кроме этого на разводящей водопроводной сети из чугунных труб диаметром 100–200 мм имеют место поперечные переломы труб. Если повреждения чугунных труб условно принять за 100, то в стыковых соединениях стальные трубы повреждаются чаще в 1,8 раза, а асбестоцементные – в 2 раза. По разрывам фасонных частей и арматуры стальные трубопроводы повреждаются чаще в 3,8 раза, а по коррозии – в 3,3 раза. Из всех повреждений стальных трубопроводов 83 % происходит по причине расстройств сварных стыков. По поперечным переломам асбестоцементные трубы повреждаются чаще, чем чугунные трубы. Появление трещин в стыках и разрыв их происходит как во время эксплуатации, так и при монтаже, в периоды резкого понижения, а в отдельных случаях – повышения температуры трубопровода. Обследование стальных трубопроводов показало, что за холодную половину года повреждения составили 76 %, а за остальную половину – только 24 %. Как известно, сварные швы стальных

трубопроводов хорошо работают на сжатие и плохо – на растяжение. Поэтому такие трубы лучше прокладывать зимой. Они будут нормально вести себя в зимнее время, а также летом, когда стык будет испытывать сжатие, а сама труба – растяжение.

У водопроводных трубопроводов при обнаружении течи в соединениях труб воду из них спускают и устраняют течь заменой уплотнений в резьбовых соединениях, прокладок – во фланцевых, заваркой трещин газовой или электрической сваркой – в сварных соединениях. Течь через сальник в задвижке устраняют перенабивкой уплотнения новым уплотнительным материалом (паклей), предварительно пропитанным солидолом. Перенабивку сальниковых уплотнителей в кранах трубопроводов, находящихся под давлением, проводят следующим образом. Маховичок снимают с крана, захваты приспособления для набивки сальников (рис. 3.9) подводят под трубопровод. Поворотом винта с помощью воротка приспособление упирают в торец пробки крана и зажимают до отказа. Подвижной фланец сальника снимают специально изготовленным из проволоки крючком, удаляют старую сальниковую набивку и закладывают новую, пропитанную антифрикционным составом, включающим в себя тальк и графит. Набивку укладывают отдельными кольцами «вразбежку» с обжатием каждого кольца, кроме двух нижних, которые обжимают вместе. Высота обжатой в гнезде набивки должна быть такой, чтобы вставленный в гнездо стакан подвижного фланца сальника можно было при необходимости подтянуть.

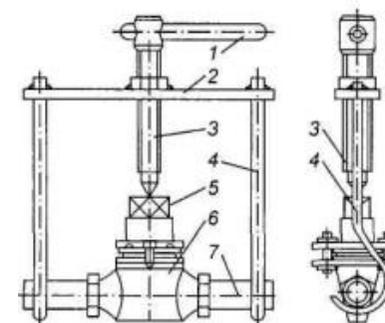


Рис. 3.9. Приспособление для перенабивки сальников:  
1 – вороток; 2 – планка; 3 – поджимной винт; 4 – захват; 5 – пробка крана;  
6 – кран; 7 – трубопровод

Прокладки в местах фланцевых соединений арматуры с трубопроводом заменяют в следующем порядке. С помощью приспособления (рис. 3.10) вырезают прокладки нужного размера, отворачивают гайки болтов фланцевых соединений и вынимают болты из отверстий.

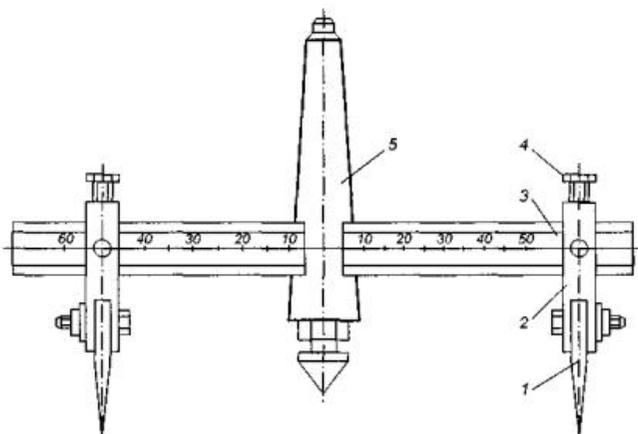


Рис. 3.10. Приспособление для изготовления прокладок для фланцевых соединений:

1 – нож; 2 – ползун; 3 – линейка; 4 – стопорный винт; 5 – корпус

В отверстия фланцев вводят захваты (рис. 3.11). В торцевую точку винта устанавливают распорный клин и вращением винта рукояткой вдавливают клин в зазор между фланцами, раздвигая их. Поврежденную прокладку вынимают и ставят на ее место новую, снимают приспособление, вставляют болты и плотно затягивают.

Трещины в чугунных трубах устраняют дуговой сваркой или с помощью клеевых составов. Перед заваркой зону трещины в чугунной трубе очищают до металлического блеска от грязи, масла, битума, ржавчины. На концах трещины просверливают отверстия диаметром 4–6 мм для того, чтобы в дальнейшем она не увеличивалась в длину. Заваривают трещину чугунными электродами. Если толщина стенки трубы более 5 мм, то с кромок трещины снимают фаски. Заварку трещин в чугунных трубах можно проводить также биметаллическими электродами, которые состоят из медного прутка диаметром 2–4 мм, обмотанного полоской черной жести толщиной

0,2–0,35 мм, шириной 5–6 мм с меловой обмазкой. Сварку биметаллическими электродами обычно ведут при обратной полярности. Если трещина небольшая, то ее можно устранить, приклеивая накладку. Для этого по концам трещины сверлят отверстия, снимают фаску на глубину 3–5 мм. Трещину и очищенную поверхность вокруг нее обезжиривают ацетоном и просушивают, а затем наносят клеевой состав, ставят накладку из стеклоткани и прикатывают ее роликом. После этого вторично наносят слой клеевого состава, ставят другую накладку так, чтобы она перекрывала первую на 10–15 мм, прикатывают ее и высушивают соединение.

Для устранения трещин, свищей и других дефектов в стальных трубах применяют дуговую и газовую сварки. Если участок трубы поражен коррозией, то это место зачищают до металлического блеска, вырезают стальную накладку, размеры которой превышают поврежденный участок на 30–40 мм, и приваривают ее. При эксплуатации трубопроводов иногда происходит нарушение сварных швов. Для устранения повреждения применяют электросварку, перед проведением которой концы труб тщательно подготавливают. При толщине стенки свыше 5 мм с концов трубы снимают фаски. Сборку и стяжку труб под сварку рекомендуется вести с помощью приспособления (рис. 3.12).

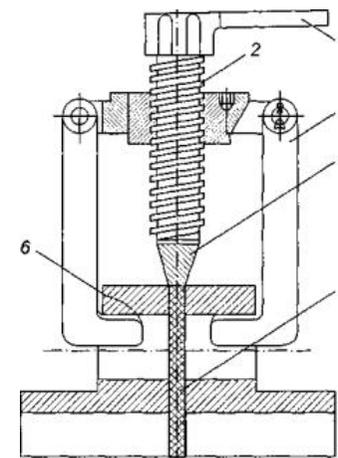


Рис. 3.11. Приспособление для смены прокладок во фланцевых соединениях: 1 – рукоятка; 2 – винт; 3 – захват; 4 – распорный клин; 5 – прокладка; 6 – фланец

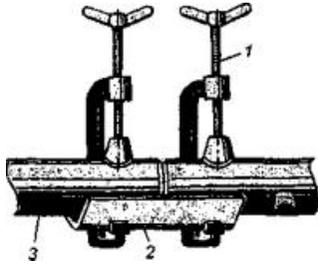


Рис. 3.12. Приспособление для сборки и стяжки труб:  
1 – струбцина; 2 – угольник; 3 – труба

Наружная поверхность стальных и чугунных трубопроводов подвергается коррозии. Для предохранения от этого их после ремонта покрывают изоляцией, процесс нанесения которой состоит из очистки поверхности труб, грунтовки и накладки изоляции. Очистку труб производят вручную или с использованием шлифовальных механизмов. Поверхность очищают от грязи, ржавчины и окалина до металлического блеска. В качестве грунта обычно используют раствор битума в трех частях бензина. Раствор готовят следующим образом: в котле разогревают битум до жидкого состояния, затем наливают его в бак и дают остыть до температуры 70–80 °С. После остывания его осторожно вливают в емкость с бензином и непрерывно перемешивают деревянной мешалкой до полного растворения битума. Грунтовку наносят ровным слоем толщиной 0,1–0,2 мм без подтеков, сгустков и пропусков сразу после очистки труб. После высыхания грунтовки укладывают битумное изоляционное покрытие, которое готовят из битума и наполнителя. Укладку выполняют вручную или с помощью специальной машины.

Основными неисправностями автопоилок является износ деталей клапанного механизма и поплавковой камеры (износ седла клапана и стержня, снижение упругости пружины, деформации планок, рычагов). Пружину клапана с трещиной заменяют новой, изготовленной из стальной проволоки Ст.6 диаметром 2 мм, а укороченную или потерявшую упругость пружину можно восстановить на токарном станке с помощью специального накаточного приспособления. Изношенную рабочую поверхность седла клапана протачивают. Отверстие седла и решетки развертывают до увеличенного размера. Для достижения соосности отверстий детали в клапанной коробке

развертывают одновременно. Стальной стержень клапана подгоняют по размеру отверстия седла клапана или заменяют новым из ремонтного клапанного комплекта (рис. 3.13). Трещины в чугунных чашах заваривают биметаллическим электродом. Заваривают также лунку на стержне клапана (в месте нажатия на стержень пружины). Клапан автопоилки после ремонта подвергают гидравлическому испытанию на герметичность при давлении воды 0,07 МПа на стенде для испытания парозапорной арматуры и автопоилок. У отремонтированной автопоилки ПА-1А усилие на рычаг для открытия клапана не должно превышать 0,025 МПа, и чаша должна заполняться водой в течение 15–20 с.

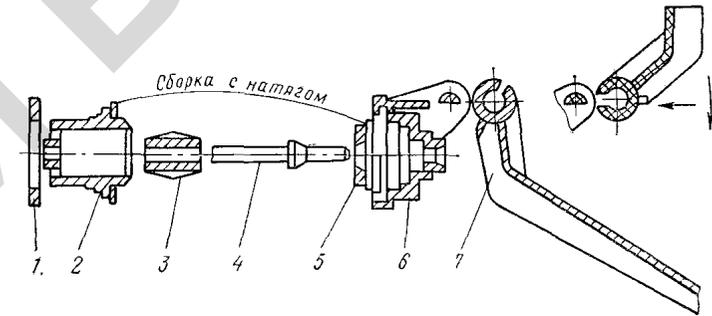


Рис. 3.13. Ремонтный комплект поилки:  
1 – прокладка; 2 – стакан; 3 – амортизатор; 4 – клапан; 5 – седло;  
6 – крышка; 7 – рычаг

Основными причинами снижения работоспособности погружных насосов являются прогиб ротора, износы втулок и шпоночных канавок (рис. 3.14).

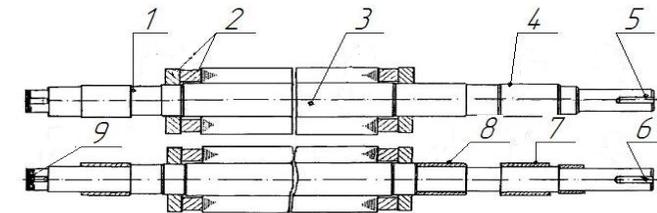


Рис. 3.14. Дефекты ротора:  
1 – трещины вала; 2 – трещины в кольцах и щитах; 3 – прогиб ротора; 4 – износы втулок под подшипники, 5 – износ посадочных мест вала под соединительную муфту и гайку; 6, 9 – износы шпоночных канавок; 7, 8 – трещины втулок

Отремонтированный насос до соединения с электродвигателем подвергают на стенде проверке на герметичность (рис. 3.15). Насос устанавливают входным отверстием на центрирующий конус 2, имеющий кольцевые уплотнения 4. Насосы с другими формами входного отверстия по торцевой поверхности уплотняют прокладкой. Сверху на нагнетательный патрубок монтируют уплотнительное кольцо 5 с прокладкой и через пята 6 винтом 7 закрепляют погружной насос 9. Воду от другого насоса подают через штуцер 1. Открыв кран 8, выпускают воздух из внутренней полости насоса, затем кран закрывают. Давление воды постепенно повышают до соответствующего режима работы испытываемого насоса. Течь и просачивание жидкости в местах соединений секций насоса не допускаются.

После соединения с электродвигателем электронасос обкатывают и испытывают на стенде при номинальной частоте вращения. Принципиальная схема стенда для испытаний электронасосов приведена на рис. 3.16. Обкатку проводят не менее 30 мин в номинальном режиме. Во время обкатки не допускаются посторонние шумы, стуки, сильная вибрация, заедания при трогании. При обнаружении дефектов электронасос сразу отключают, выявляют и устраняют причины.

При ремонте порядок разборки центробежных насосов разных марок зависит от их конструктивных особенностей. У центробежных насосов типа «К» перед обкаткой следует проверить наличие смазки, легкость вращения рабочего колеса. Насос включают после заполнения его водой. Длительность обкатки зависит от мощности в номинальном режиме. При мощности насоса до 10 кВт длительность обкатки составляет 0,2 ч, от 10 до 50 кВт – 0,5 ч. Для насоса К90/85, например, время обкатки должно быть не менее 15 мин. Обкатку проводят при номинальной частоте вращения вала, используя чистую пресную воду температурой не выше 50 °С. В процессе обкатки не должно быть шума, стука, вибрации насоса. Необходимо следить за состоянием уплотнений, при нормальной затяжке из-под уплотнения не должна просачиваться вода (больше нормы). Установившаяся температура подшипников не должна превышать 80 °С. Если при обкатке насос работает нормально, то приступают к испытаниям. При испытаниях проверяют основные параметры насосов после ремонта. Испытания проводят при различных подачах. Обычно это номинальная, другие – максимальная и номинальная подачи. У отремонтированных насосов основные показатели должны быть почти

такими же, как и у новых (таблица). У центробежных насосов типа «К» допускается отклонение напора при номинальной подаче от +7 до –5 % от его номинального значения.

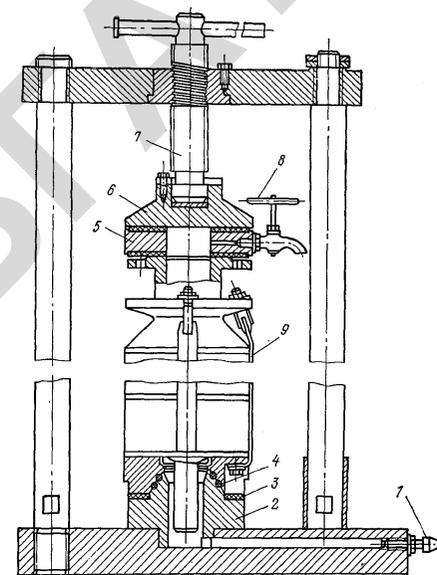


Рис. 3.15. Схема установки для гидравлического испытания насосной части агрегата:

1 – штуцер; 2 – центрирующий конус; 3 – прокладка; 4, 5 – уплотнения; 6 – пята; 7 – винт; 8 – кран; 9 – насосная часть

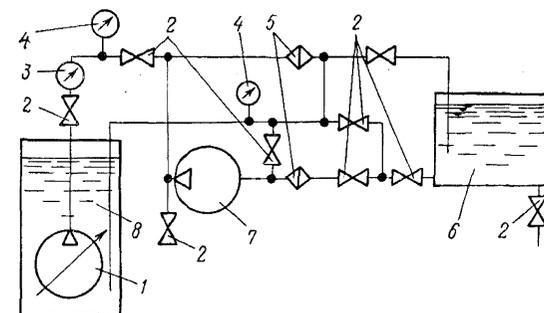


Рис. 3.16. Схема стенда для обкатки и испытания агрегатов:

1 – агрегат; 2 – вентиль; 3 – расходомер; 4 – манометр; 5 – фильтр; 6 – мерный бак; 7 – насос; 8 – емкость

Таблица

Значения показателей отремонтированных насосов

Показатели	К90/85	КМ45/55	К20/30
Подача, м <sup>3</sup> /ч	90	45	20
Напор, МПа	0,85	0,55	0,33
Частота вращения, с <sup>-1</sup>	48	48	48
Потребляемая мощность, кВт·ч	33,0	10,5	2,7

Очистка водопроводной сети от отложений из тонких частиц песка, глины и других механических примесей может осуществляться двумя способами: повышенными скоростями движения воды и гидропневматическим. Повышенные (размывающие) скорости (примерно 2 м/с) при обычной промывке достигаются за счет искусственного уменьшения сечения трубы. С этой целью применяют шаровые деревянные пробки размером на 25 мм меньше внутреннего диаметра труб (рис. 3.17). Деревянный шар вводят в промежуточный участок между гидрантами через пожарную подставку, предварительно сняв гидрант. Подставку закрывают фланцем с сальником, через который пропускают трос, который одним концом прикрепляется к деревянному шару, другим – к барабану лебедки. Вода, двигаясь от гидранта, увлекает шар, медленно спускаемый на тросе. При этом образуются повышенные, размывающие скорости воды между шаром и поверхностью трубы, и отложения смываются со стенок труб. Загрязнения вместе с промываемой водой выносятся через стояк, устанавливаемый на подставку гидранта. При отсутствии гидрантов сеть можно промывать таким же способом через корпус задвижки или специальные тройники.

Сущность гидропневматического способа очистки водопроводной сети на участке длиной 200–300 м заключается в подаче в сеть вместе с водой сжатого воздуха. При этом возникает ударная сила, разрушающая и удаляющая прочные отложения со стенок водопроводных труб. Схема гидравлической промывки приведена на рис. 3.18. В колодцах, расположенных в начале и конце промываемого участка сети, выключенного из эксплуатации, снимают или частично разбирают арматуру (вантузы, задвижки и др.). На место снятой арматуры в начале участка устанавливают приспособление для впуска сжатого воздуха, представляющее собой стояк с вентиляем, соединенный

гибким шлангом с компрессором. В конце участка на подставке пожарного гидранта устанавливают отводной стояк, к которому подсоединяют рукав. Открывают задвижку, закрывают задвижку, подают в очищаемый участок сети воду и через стояк – воздух от компрессора. Промывочную воду с отложениями через стояк и рукав выбрасывают наружу в лоток. Продолжительность промывки зависит от характера отложений и обычно составляет 2–4 ч.

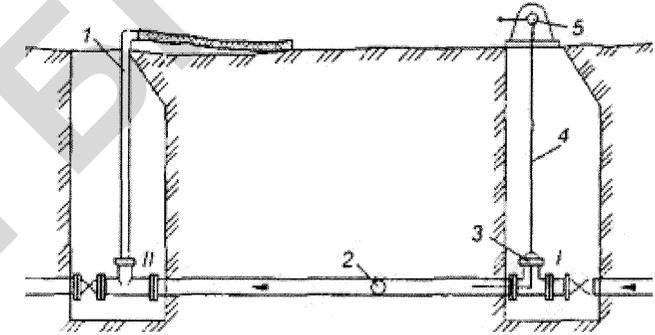


Рис. 3.17. Схема промывки водопроводной сети увеличением скорости движения воды:

1 – стояк; 2 – деревянный шар; 3 – сальник; 4 – трос; 5 – лебедка; I, II – гидранты

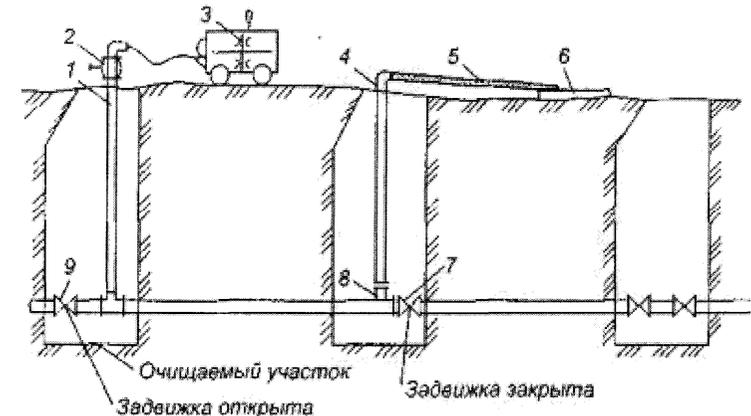


Рис. 3.18. Схема промывки водопроводной сети гидропневматическим способом: 1 – напорный стояк; 2 – вентиль; 3 – передвижной компрессор; 4 – отводной стояк; 5 – рукав; 6 – лоток; 7, 9 – задвижки; 8 – подставка пожарного гидранта

Этими же способами можно устранить биологические отложения группы микроорганизмов, развивающихся при наличии в воде железа в количестве 0,1–0,3 мг/л и более. Эти отложения весьма рыхлые и непрочно сцеплены со стенками металлических труб, но при наличии в воде солей железа они со временем затвердевают, и тогда требуются более трудоемкие и сложные способы борьбы, например, химический (рис. 3.19) и механический.

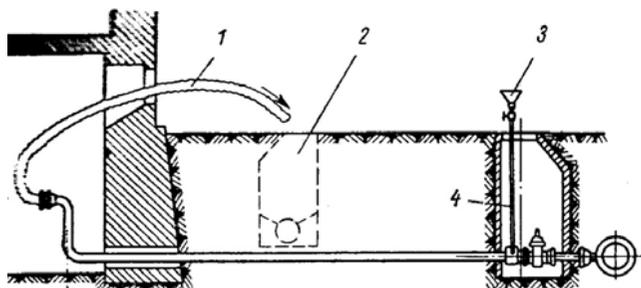


Рис. 3.19. Схема химической очистки водопроводного участка:  
1 – шланг; 2 – колодець; 3 – воронка; 4 – труба

Плотное, сплошное отложение по периметру металлических труб образуют в воде химические элементы  $SO_4$ ,  $O_3$ ,  $Cl$ , которые вызывают окисление металла с образованием гидратов закиси железа  $Fe(OH)_2$ , переходящих в воде в гидроокись железа  $Fe(OH)_3$ . Сущность химической очистки труб заключается в наполнении ввода, отключенного от водопроводной сети, 20%-й соляной кислотой с добавкой ингибитора, предохраняющего металлические стенки труб от разрушающего действия кислоты. По истечении 12–15 ч трубопровод промывают, удаляя через резиновый шланг в канализационный колодець раствор кислоты вместе с отложениями.

## 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

### 4.1. Организация и технология монтажных работ

Для доения коров в стойлах используются установки УДС-В, АД-100А, АД-100Б, ДАС-2Б, ДАС-2В, типа АДС (АДС, 2АДС, АДСН, 2АДСН), УМД-200, АДМ-8 и др. В доильных залах применяются установки типа: «Елочка» (УДА-12Е, УДА-16Е, УДА-20Е и др.), «Параллель» (УДП-24, УДП-32, УДП-40 и др.), «Тандем» (УДМ-4Т, УДМ-6Т, УДМ-8Т и др.), «Карусель», Larta, Westfalia и др. В последнее время получили применение роботизированные доильные установки, выпускаемые зарубежными компаниями: «Лели», «Де Лаваль», «Фулвуд», «САК Кристенсен», «Инсентек», «Боуматик», «Геа Вестфалия Сердж». Основное преимущество использования роботизированных доильных установок – полное исключение человеческого фактора при доении, так как все процессы, начиная от запуска коровы в бокс до ее выпуска из бокса, выполняются в автоматическом режиме.

Для доения коров на пастбище рекомендуется использовать передвижные доильные установки, предназначенные как для машинного доения в переносные ведра (ПДУ-8), так и в молокопровод (ПДУ-8М).

Монтаж доильных установок с доильными ведрами УДС-В, АД-100А, АДС-100Б, ДАС-2Б, ДАС-2В проводят в коровниках на 100 гол. Каждая из них рассчитана на 2 ряда стойл (рис. 4.1).

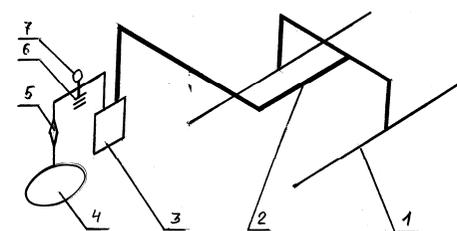


Рис. 4.1. Схема доильной установки с доением в ведра:  
1, 2 – трубопроводы; 3 – баллон; 4 – насос; 5 – предохранитель;  
6 – регулятор; 7 – вакуумметр

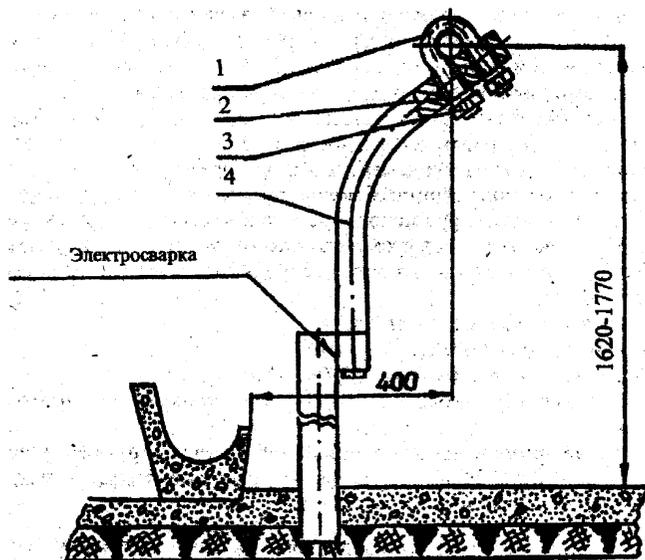


Рис. 4.2. Схема установки стоек с кронштейнами:  
1 – скоба; 2 – шайба; 3 – гайка; 4 – кронштейн

Вакуум-провод крепят к установленным опорам (рис. 4.2) на расстоянии 400 мм от передней стенки кормушки в сторону стойла.

Опоры устанавливают по шнуру: сначала крайние в каждом ряду стойл, натягивая между ними шнур, затем промежуточные. Расстояние между опорами – 2400 мм (через два стойла). Вакуум-провод у самого отдаленного от молочного блока стойла располагают на высоте 1890 мм от пола, у входа в молочное отделение – на высоте 1720 мм. Перепад высот вакуум-провода устанавливают строительным уровнем. При сборке вакуум-провода резьбовые соединения уплотняют льняной прядью, пропитанной суриком или белилами, разведенными на оксоле, или специальной лентой.

На стыках стойл на вакуум-проводе устанавливают вакуумные краны, для чего в трубе сверлят отверстия диаметром 10 мм. Отверстия под вакуумные краны установок с доением в ведра сверлят под углом  $30^\circ$  вверх от горизонтали с использованием кондуктора (рис. 4.3). В самых низких местах вакуум-провода снизу крестовин устанавливают клапаны спуска конденсата.

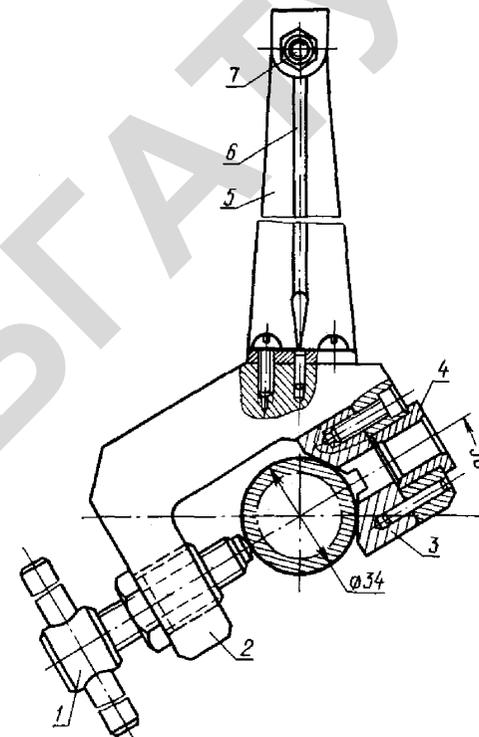


Рис. 4.3. Кондуктор для сверления отверстий под краны:  
1 – винт; 2 – корпус; 3 – призма; 4 – втулка; 5 – кронштейн; 6 – стрелка; 7 – ось

В вакуум-насосном отделении на фундаменте монтируют вакуумную установку, которую соединяют полиэтиленовой трубой с вакуум-проводом на вертикальном участке трубопровода. Вакуумный баллон располагают на вакуум-проводе на расстоянии от вакуумного насоса не менее 400 мм, исключая возможность попадания промывочной жидкости и конденсата из него на электродвигатель (рис. 4.4). Выхлопную трубу монтируют с уклоном не менее 1% в сторону глушителя по кратчайшему пути, используя не более двух угольников: излишнее сопротивление резко снижает производительность вакуумного насоса. Корпус вакуум-регулятора монтируют на горизонтальном участке, на расстоянии 500 мм от вакуум-баллона. Установку для мойки доильных аппаратов размещают в молочном помещении и подсоединяют к вакуумному трубопроводу.

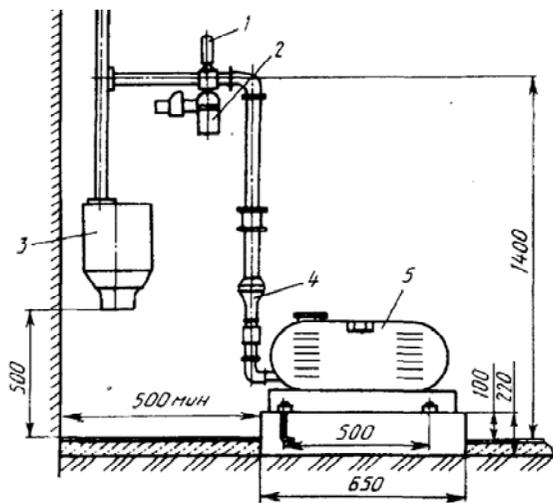


Рис. 4.4. Схема монтажа вакуумной установки:

1 – вакуумметр; 2 – регулятор; 3 – вакуум-баллон; 4 – предохранитель; 5 – насос

При монтаже доильного агрегата рекомендуется использовать оборудование, инструмент и материалы, приведенные в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оборудование инструмент и материалы,  
применяемые при монтаже доильного агрегата

Наименование	Кол-во	Примечание
Сварочный агрегат	1	Любого типа
Дрель ручная электрическая	1	Любого типа
Тиски трубные	1	Любого типа
Труборез	1	Любого типа
Ножовка по металлу	1	Любого типа
Ножницы жестяные ручные	1	Любого типа
Ножовка ручная по дереву	1	Любого типа
Молотки слесарные массой 1–2 кг	2	Любого типа
Сверло по металлу	по 1	Любого типа
Уровень строительный	1	Любого типа
Брусок	1	Любого типа
Напильник плоский	1	Любого типа
Клупп с плашками	1	Любого типа

Окончание табл. 4.1

Наименование	Кол-во	Примечание
Электроды Э42 и др.	5 кг	Любого типа
Проволока	100 м	Для устройства заземления
Лист оцинкованный толщиной 0,4 мм	3 кг	Для крепления проволоки заземления
Сверло с твердосплавными пластинами диаметром 8, 10, 12 мм и удлинителем	1	
Шнур капроновый диаметром 0,8–1,0 мм	100 м	
Материалы для резьбовых соединений металлических труб (льняное волокно, лента, олифа)		

Доильные установки типа АДС могут быть смонтированы в любом коровнике на 100 и 200 гол. как с боковым расположением молочного блока, так и с расположением его в торце здания. Схема прокладки труб вакуум-провода и молокопровода в коровнике зависит от количества рядов стойл и их расположения (рис. 4.5).

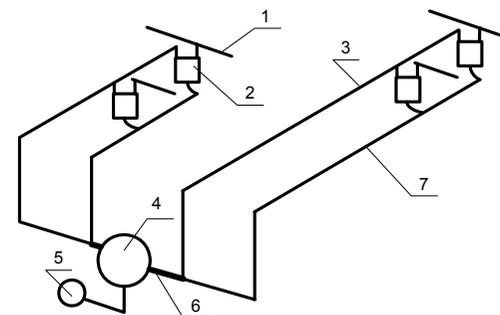


Рис. 4.5. Схема доильной установки 2АДСН:

1, 3, 7 – трубопроводы; 2 – дозатор; 4 – молокоприемник;  
5 – насос молочный; 6 – молокопровод

При выполнении монтажных работ к вакуумной системе предъявляются определенные требования. Так, перепад давления между молокосорборником и вакуумным насосом доильных установок должен составлять менее 3 кПа, а между молокосорборником и точкой

измерения на магистральном трубопроводе – менее 1 кПа. Перепад вакуумметрического давления между молокосорборником и доильным аппаратом в самой далекой точке молочного трубопровода должен составлять менее 2 кПа. Перепад давления в нагнетательном патрубке водокольцевого вакуумного насоса должен составлять менее 7 кПа, а пластинчатого вакуумного насоса – менее 5 кПа (рис. 4.6).

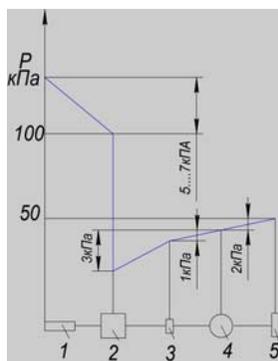


Рис. 4.6. Допустимые потери давления:

1 – глушитель; 2 – насос; 3 – регулятор; 4 – молокоприемник; 5 – доильный стакан

Ветви молокопровода доильной установки необходимо смонтировать с уклоном в сторону молочной. Линейный вакуум-провод выполняют из труб условным диаметром 40 мм, магистральный – из труб диаметром 40 мм (АДС) или 50 мм (2АДС). Монтаж молокопровода начинают с установки в коровнике дозаторов с ограждением. Стекланые трубы молокопровода соединяют с помощью молочно-вакуумных кранов, закрепленных на вакуум-проводе (трубы с кранами соединяют с помощью резиновых втулок). Длина стекланный трубы (2230 мм) рассчитана на расстояние между стойлами 1200 мм. Если ширина стойла более 1200 мм, трубы обрезают. Трубы на участке без кранов крепят при помощи скоб с обязательной установкой резиновых прокладок. Соединение стекланных и полиэтиленовых труб молокопровода осуществляют с помощью муфт. Концы полиэтиленовых труб крепят двумя парами скоб. Через молочно-соединительные краны кернят трубу вакуумпровода и сверлят отверстия сначала диаметром 5 мм, затем – 10 мм. Чтобы при сверлении отверстий не повредить краны, применяют кондуктор-втулку. У торцов

каждой ветви устанавливают разделители молокопровода. В молочном помещении магистральный вакуум-провод подключают к молокоприемнику. Устройство промывки доильных аппаратов (рис. 4.7) и шкаф управления размещают на расстоянии не более 3000 мм от молокоприемника.

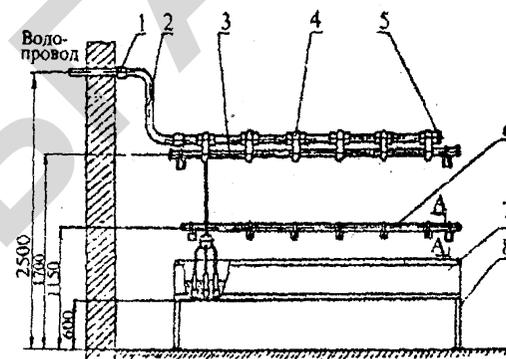


Рис. 4.7. Размещение устройства промывки:

1 – муфта; 2, 3 – трубы; 4 – кран; 5 – колпак; 6 – коллектор; 7 – ванна; 8 – рама

Требования к помещениям молочного блока для монтажа доильных установок АДС-А и УМД-200 такие же, как и для установок типа АДС. Однако для монтажа оборудования УМД-200 в коровнике оборудуют дополнительное помещение для молокоприемника. Оно устраивается рядом с поперечным проходом на месте двух стойл, расположенных на ближней линии дальней петли молокопровода. Его размеры: 1640 мм (по длине стойла), ширина – 2400 мм (по ширине двух стойл). Требования к установке стоек вакуум-провода те же, что и для установки АДС.

Монтаж вакуум-провода и молокопровода (рис. 4.8) доильной установки АДМ-8 аналогичен монтажу установок АДС, АДС-А, УМД-200. Разница состоит в том, что в первом случае (АДМ-8А) уклон вакуум- и молокопровода осуществляется в сторону молочного блока, от среднего поперечного прохода коровника (самая удаленная точка) в торец его и затем – к молочному блоку, а во втором случае – АДС, АДС-А, УМД-200 – уклоны всех ветвей направлены от торцов коровника к его середине (при расположении молочного блока в середине здания). Ветви молокопровода

при входе в молочное помещение соединяются переключателями – «доение–промывка». Дозаторы молока устанавливают в молочном блоке. В остальном монтаж установки АДМ-8 аналогичен монтажу установок типа АДС.

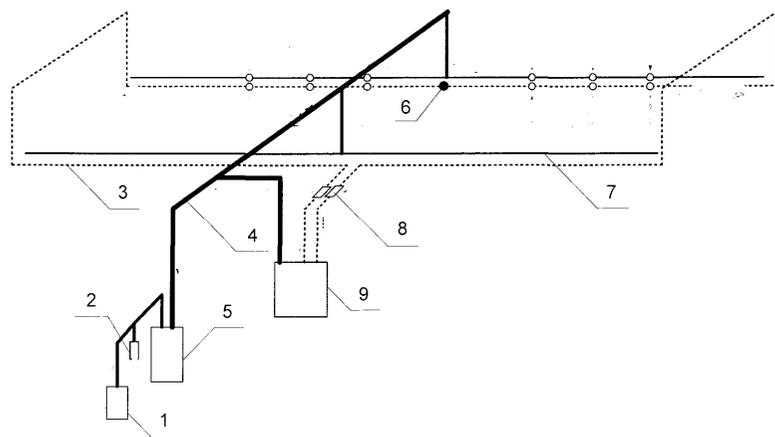


Рис. 4.8 Схема доильной установки АДМ-8:

1 – насос; 2 – регулятор; 3, 4, 7 – трубопроводы; 5 – баллон; 6 – разделитель; 8 – дозатор; 9 – молокоприемник

Станочное оборудование доильных установок с доением на площадках монтируют из двух секций станков, располагая симметрично относительно технологической траншеи (рис. 4.9). Вакуум-провод монтируют из оцинкованных труб диаметром 50 мм так, чтобы было наименьшее число поворотов. Молокоопорожнители крепят на торцевой стенке технологической траншеи и соединяют предохранительные камеры с вакуум-проводами резиновыми муфтами. Молокопровод монтируют из нержавеющей трубы диаметром 50 мм. В трубах сверлят отверстия диаметром 18,5 мм, в них вставляют вставки (штуцеры) с прокладками и крепят к трубе с помощью винтовых хомутов. Один конец молокопровода соединяют с молокоприемником с помощью переходника и резиновой муфты. Трубопровод подмыва вымени прокладывают на поперечинах станочного оборудования по оси траншеи, ввинчивают в него тройники, а к ним подсоединяют штуцеры и шланги с водяными пистолетами из расчета: один пистолет для трех станков слева и трех станков справа от траншеи.

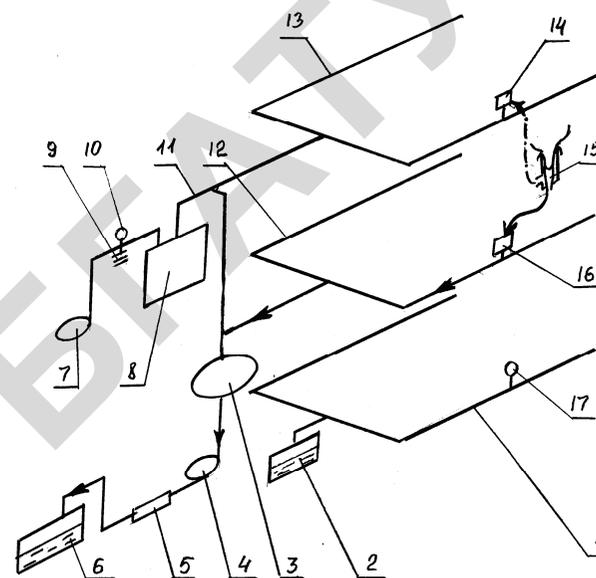


Рис. 4.9. Схема доильной установки с доением на площадке:

1, 11, 13 – трубопроводы; 2 – автомат промывки; 3 – молокоприемник; 4 – насос молочный; 5 – фильтр; 6 – установка молокоохладительная; 7 – насос вакуумный; 8 – баллон; 9 – регулятор; 10 – вакуумметр; 14 – пульсатор; 15 – стакан доильный; 16 – счетчик молока; 17 – головка моечная

Основным правилом монтажа роботизированной доильной установки типа ASTRONAUT, являющегося составной частью автоматизированной системы организации доения, осуществляющей доение и кормление коров, а также наблюдение за состоянием их здоровья, является обеспечение рационального направления движения животных, соответствующее их комфортному содержанию (рис. 4.10). Направленное движение коров (зона отдыха–доильный робот–кормовой стол) обеспечивается системой соответствующих ворот с возможностью идентификации и отбора коров, ограничивающих частоту входа животных на место для доения.

Доильный робот (рис. 4.11) монтируется из двух основных частей: центральный блок (подает электропитание, воду и моюще-дезинфицирующие растворы, а также регулирует подачу сжатого воздуха и величину вакуума) и роботизированный блок (осуществляет доение коров).

Доильные аппараты смонтированы в роботизированном блоке (рис. 4.12).

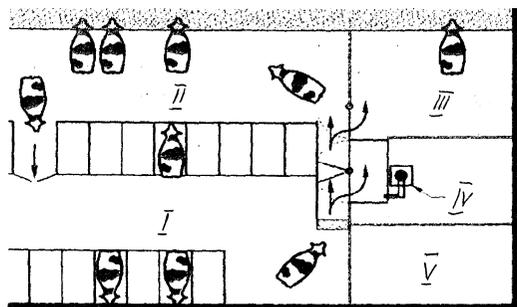


Рис. 4.10. Зона монтажа доильного робота в коровнике:  
I – зона отдыха; II – зона кормления; III – селекционная; IV – доильный робот;  
V – служебное помещение

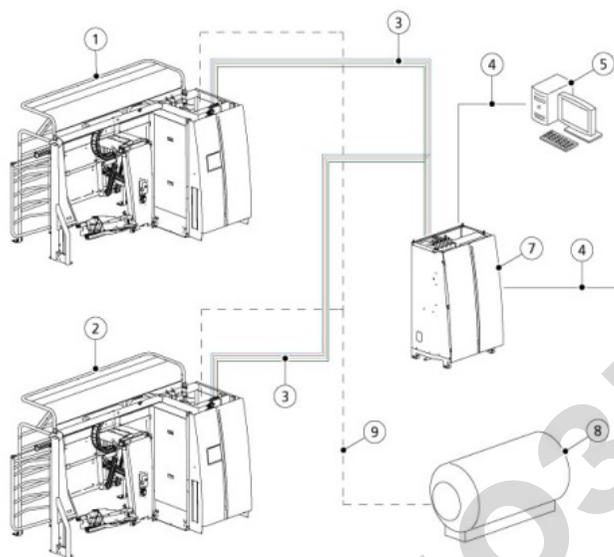


Рис. 4.11. Схема доильного робота:  
1, 2 – роботизированные блоки; 2, 3 – коммуникации (силовой кабель, шланги для подачи вакуума, воздуха, воды, моюще-дезинфицирующих растворов); 4 – сетевой кабель; 5 – персональный компьютер; 6 – панель управления; 7 – центральный блок; 8 – молочная цистерна; 9 – молокопровод

Молокоприемник и молочный насос располагаются в пульте управления доильным аппаратом роботизированного блока (рис. 4.13).

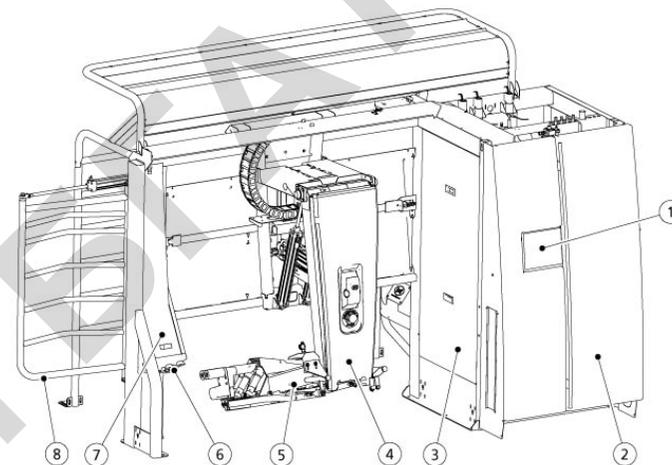


Рис. 4.12. Роботизированный блок:  
1 – интерфейс; 2 – дверь; 3 – пульт управления доильным аппаратом; 4 – рычаг доильного аппарата; 5 – нижний рычаг; 6 – моечные установки с соплами;  
7 – бокс моечной установки с соплами; 8 – входные ворота

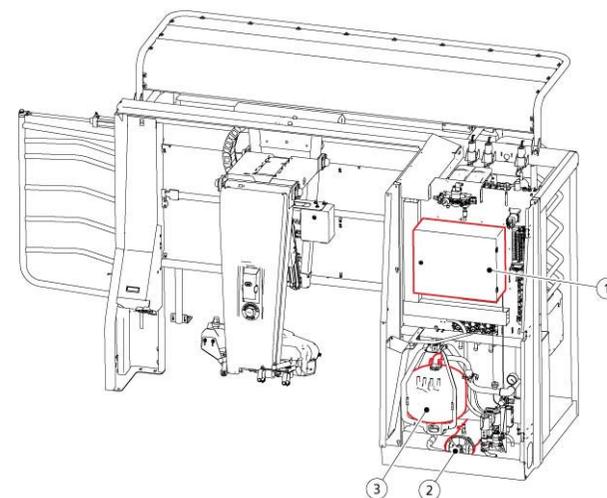


Рис. 4.13. Размещение молочного оборудования:  
1 – пульт; 2 – молочный насос; 3 – молокоприемник

В центральном блоке установлен вакуумный насос и емкости с моюще-дезинфицирующими веществами (рис. 4.14). Оборудование роботизированного блока также проверяет количество и качество полученного от коров молока и, в случае необходимости, сепарирует молоко, которое загрязнено или не соответствует надлежащему стандарту.

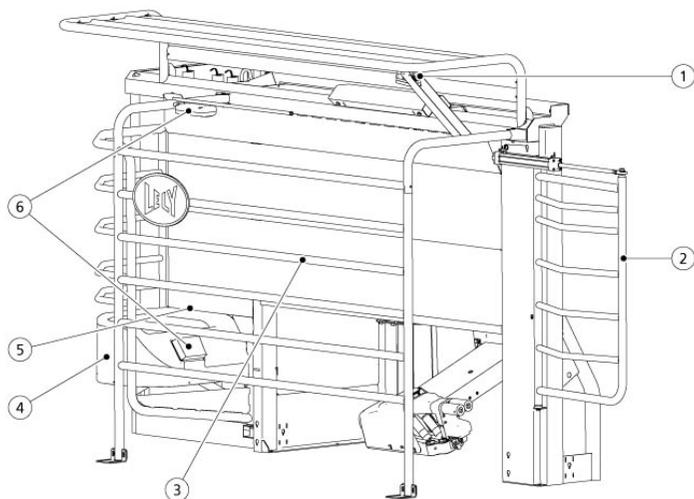


Рис. 4.14. Роботизированный блок:

1 – камера для трехмерной съемки; 2 – входные ворота; 3 – бокс; 4 – бункер для кормов; 5 – устройство подачи корма; 6 – идентификационная антенна

Передачик, размещенный на каждой корове, позволяет системе идентифицировать корову с помощью антенны 6 по уникальному номеру, а система управления регистрирует данные по каждой корове.

## 4.2. Диагностика доильных установок

### 4.2.1. Оценка производительности вакуумных насосов

Диагностирование вакуумного насоса – это процесс обнаружения и поиска дефектов и неисправностей, допущенных при его эксплуатации в целях определения технического состояния. Основным показателем, характеризующим техническое состояние вакуумного насоса, являются его быстрота действия и предельное давление.

Теоретической базой для контроля функциональной готовности вакуумного насоса является закономерность изменения быстроты его действия в области предельного давления. Быстрота действия насоса определяется величиной воздушного потока во входном патрубке. При постоянном давлении

$$Q = p(dV / dt) = Sp, \quad (4.1)$$

где  $Q$  – воздушный поток,  $(\text{м}^3/\text{с}) \cdot \text{Па}$ ;

$p$  – давление, Па;

$V$  – объем,  $\text{м}^3$ ;

$t$  – время, с;

$S$  – быстрота действия насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Вакуумные насосы считаются работоспособными до снижения производительности на 20 % от номинального значения. Оценку производительности вакуумных насосов (рис. 4.15) производят индикатором КИ-4840.

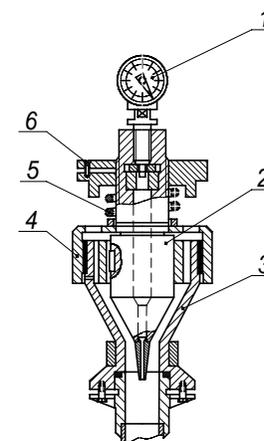


Рис. 4.15. Индикатор производительности вакуумного насоса:

1 – вакуумметр; 2 – шпindelь; 3 – корпус; 4 – барабан; 5 – пружина; 6 – кольцо

С помощью барабана 4 шпindelь 2 можно перемещать вверх или вниз, тем самым увеличивая или уменьшая кольцевую щель между конусом шпindelя и корпусом. В результате на вакуумметре устанавливается вакуумметрическое давление, равное 50 кПа.

На цилиндрической поверхности корпуса нанесена шкала отсчета целых условных единиц расхода, градуированная от 0 до 5 (цифра 5 соответствует максимальному сечению кольцевой переменной щели). Одна целая условная единица расхода соответствует одному обороту барабана 4, т. е. осевому перемещению шпинделя на 1 мм. На барабане неподвижно закреплена шкала, с помощью которой можно отсчитать сотые доли условных единиц расхода.

Патрубок индикатора КИ-4840 вставляется во всасывающий патрубок вакуумного насоса (рис. 4.16). Вращением барабана 4 против часовой стрелки на 5 оборотов устанавливается число 5, соответствующее максимальному сечению кольцевой щели. Включается в действие вакуумный насос, который предварительно должен быть выведен на номинальный тепловой режим работы. Вращая барабан 4 по часовой стрелке, устанавливают рабочий вакуум 50 кПа. Прочитав показания по шкале корпуса и шкале барабана, умножают полученное значение на 20 (переводной коэффициент индикатора). Это значение будет являться производительностью вакуумного насоса (м<sup>3</sup>/ч).

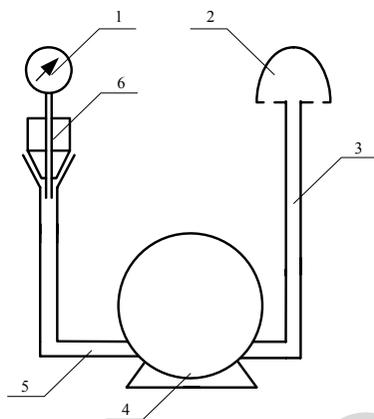


Рис. 4.16. Схема измерения производительности вакуумного насоса:  
1 – вакуумметр; 2 – глушитель; 3, 5 – патрубки; 4 – насос; 6 – индикатор

Быстроту действия вакуумного насоса при давлении  $p$  можно определить, рассматривая производительность насоса как разницу прямого и обратного потоков в трубопроводе, соединяющем насос с доильными аппаратами. Номинальная быстрота действия  $S_H$

вакуумного насоса при приближении к предельному давлению стремится к нулю:

$$\begin{cases} Q = S_H p - Q_0 \\ Q_0 = S_H p_0 \end{cases} \rightarrow S = S_H (1 - p_0 / p), \quad (4.2)$$

где  $Q_0$  – поток натекающего воздуха, (м<sup>3</sup>/с) · Па;  
 $p_0$  – предельное давление насоса, Па.

Быстрота действия вакуумного насоса в различные периоды эксплуатации можно отразить системой уравнений:

$$\begin{cases} S_1 = S_H (1 - p_{01} / p) \\ S_2 = S_H (1 - p_{02} / p) \end{cases} \Rightarrow S_1 / S_2 = (p - p_{01}) / (p - p_{02}) \rightarrow S_2 = S_1 \Delta p_2 / \Delta p_1, \quad (4.3)$$

где  $S_1$  – быстрота действия насоса в начале эксплуатации, м<sup>3</sup>/с;  
 $S_2$  – быстрота действия насоса на момент проверки, м<sup>3</sup>/с;  
 $p - p_{01}$  или  $p - p_{02}$  – вакуумметрические давления, Па;  
 $\Delta p_1$  – предельный вакуум насоса в начале эксплуатации, %;  
 $\Delta p_2$  – предельный вакуум насоса на момент проверки, %.

Поэтому быстроту действия насоса можно оценить, основываясь на измерении предельного давления вакуумного насоса. Однако для этого необходимо знать предельное давление и быстроту действия нового насоса. Снижение быстроты действия через некоторое время будет пропорционально снижению предельного вакуумметрического давления (рис. 4.17).

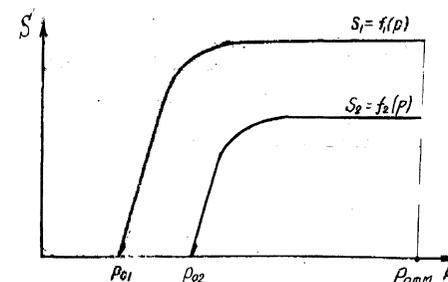


Рис. 4.17. Кривые зависимости быстроты действия насосов от давления

Основными причинами снижения быстроты действия насосов (табл. 4.2) является износ рабочих элементов (пластин, корпуса и ротора), а также нарушение эксплуатационных требований – величины торцовых зазоров.

Таблица 4.2  
Основные операции и периодичность диагностирования вакуумных агрегатов

Диагностические показатели	Ежедневно	Ежемесячно	Два раза в год
1. Уровень масла и качество фитилей в масленках	+		
2. Скорость расхода масла		+	
3. Производительность вакуумного насоса		+	+
4. Натяжение ремней привода вакуумной установки		+	
5. Качество масла		+	
6. Техническое состояние глушителя	+		

Износ пластины по высоте изменяет величину потребляемой мощности (до 0,1 кВт/мм), по длине – снижает быстроту действия насоса (до 6–8 м<sup>3</sup>/(ч·мм)), по толщине – определяет ресурс пластины и повышает вероятность выкрашивания. Недостаточная смазка является причиной ускоренного износа пластин и их заклинивания. Масло в пластинчатых насосах, смазывая трущиеся поверхности, уменьшает, во-первых, энергию трения и скорость износа. Во-вторых, оно герметизирует поверхности стыков в сальниках и лопатках, заполняя стыковые щели маслом. В-третьих, масло охлаждает трущиеся детали, нагреваемые как за счет трения, так и за счет сжатия воздуха, откачиваемого вакуумным насосом.

Трущиеся детали внутри корпуса пластинчатого насоса смазываются маслом, подаваемым под действием разности давлений. Со дна корпуса масленки (рис. 4.18) масло по фитилям поднимается к каналам для отвода масла в приливах.

Под действием разности давлений в масленке и насосе через трубки оно поступает в отверстия в крышках насоса, затем – в пазы ротора, смазывая поверхности лопаток, корпуса и крышек насоса и торцы ротора. Далее масло с воздухом поступает в выхлопное окно

корпуса насоса и в трубу выхлопа (рис. 4.19). Большая (20–25 дней) или малая (1–2 дня) длительность расхода одной заливки масла в колпак масленки при фитильной его подаче является свидетельством нарушения системы регулирования. Нормативная длительность должна составлять 4–5 дней. Если насос работает без масла, он перегревается, что может послужить причиной возгорания или других повреждений. Ведь смазочное масло за счет его скрытой теплоты парообразования отводит тепло насоса.

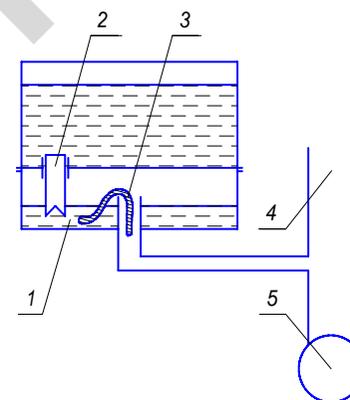


Рис. 4.18. Фитильная схема подвода смазочного масла:  
1 – корпус масленки; 2 – трубка; 3 – фитиль; 4 – трубопровод;  
5 – насос вакуумный

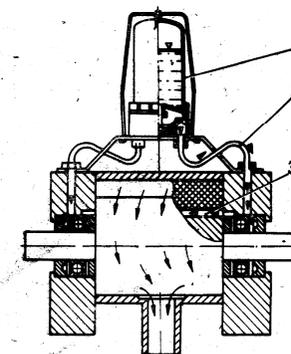


Рис. 4.19. Движение масла внутри вакуумного насоса:  
1 – масленка; 2 – трубка; 3 – ротор

Смазочные масла для ротационных насосов должны сохранять свои качества при изменении температуры и использоваться в соответствии с особенностями эксплуатации. Например, при температуре ниже  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  рекомендуют использовать масло промышленное И-12А, а при более высокой температуре – моторное М-10В2. Вязкость масла должна быть большой, обеспечивая надежное уплотнение даже при температуре  $50\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (до которой оно нагревается при длительной работе). Однако высокая вязкость смазочного масла повышает расход энергии на трение. Температура вспышки смазочных масел должна быть выше  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Масла с температурой вспышки до  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  содержат легкоиспаряющиеся фракции, снижающие производительность насоса.

Подвижность смазочного материала в подшипнике скольжения влияет на движение ротора. Вращающаяся в подшипнике шейка вала увлекает масляную пленку. Она образует замкнутый поток в кольцеобразной полости между шейкой и подшипником. При этом внутренняя поверхность пленки нагружена силами трения, действующими в направлении вращения. В то же время поверхность шейки нагружена такими же силами, но действующими в направлении, противоположном основному вращению (рис. 4.20, а). Если вследствие какого-нибудь возмущения шейка вала оказалась смещенной в сторону от положения, соответствующего стационарному состоянию (рис. 4.20, б), то при этом меняются конфигурация полости и скорости частиц пленки. В тех местах, где произошло расширение полости (слева на рис. 4.20, б), скорость кольцевого потока уменьшается, а с противоположной стороны, где полость оказалась суженной (справа на рис. 4.20, б), скорость потока возрастает. Уменьшение скорости потока означает увеличение относительной скорости шейки и пленки. Следовательно, в левой части силы трения увеличиваются, т. е. их приращения положительны. С противоположной стороны силы трения убывают, т. е. их приращения отрицательны (рис. 4.20, б). Равнодействующая этих приращений  $R$  направлена перпендикулярно направлению смещения (рис. 4.20, в). При всяком боковом смещении шейки вала возникает дополнительная сила трения, направленная перпендикулярно к смещению. Сила  $R$  в первом приближении может быть принята пропорциональной смещению, однако, будучи все время перпендикулярной к смещению, она не является восстанавливающей силой, способной

вернуть шейку вала на место. Наоборот, увлекая шейку в своем направлении, эта сила переведет ее в новое (также смещенное) положение. При этом направление силы  $R$  изменится, т. е. вал будет вращаться вокруг невозмущенного положения; направление этого вращения совпадает с направлением основного вращения (рис. 4.20, в). Недостаточная смазка может вызвать колебания вращающегося ротора вследствие появления сил сухого трения при прикосновении шейки к подшипнику. На рис. 4.20 видно, что приложенная к шейке вала сила трения  $R$  направлена перпендикулярно смещению. В этом смысле она подобна силе, развивающейся при наличии масляной пленки (рис. 4.20, б). Поэтому шейка вала будет обкатывать контур подшипника, но по ходу часовой стрелки, т. е. в направлении, противоположном основному вращению.

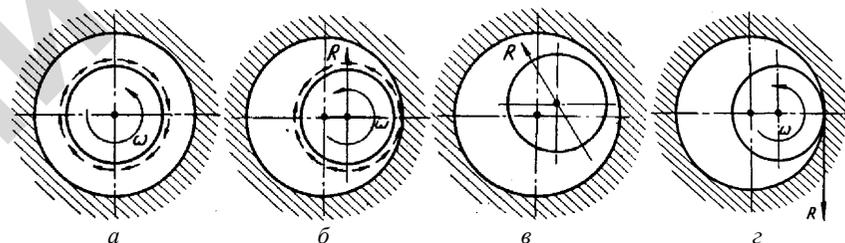


Рис. 4.20. Влияние масляной пленки в подшипнике:  
а – равномерный поток; б – смещенный поток; в – смещение вала;  
z – сухое трение

Механические примеси изнашивают трущиеся поверхности, царапают полированные и увеличивают расход энергии на преодоление трения. Физическая модель условий продольного заклинивания пластины приведена на рис. 4.21. Обозначим через  $R$  силу, приложенную к пластине на расстоянии  $x$  от одного из торцов. Из-за действия силы  $R$  произойдет поворот пластины, вследствие чего возникнут в точках  $A$  и  $B$  упругие силы реакции, каждую из которых можно разложить на две составляющие:  $N_1$  и  $N_2$ ,  $f_1$  и  $f_2$ , касательные к тем же крышкам (силы трения).

Предположив, что пластина заклинена, имеем следующие равенства. Сила  $R$  должна быть равна сумме сил трения, чтобы не было поступательного движения пластины, т. е.:

$$R = f_1 + f_2. \quad (4.4)$$

Момент силы  $R$  относительно центра масс пластины должен быть равен сумме моментов нормальных составляющих сил реакции относительно того же центра масс пластины (чтобы не было вращения пластины):

$$R \left( x - \frac{L}{2} \right) = (N_1 + N_2) \cdot \frac{h}{2}. \quad (4.5)$$

Кроме того, по определению:

$$\frac{f_1}{N_1} = \frac{f_2}{N_2} = \mu. \quad (4.6)$$

Исключив из обоих уравнений силу  $R$ , получаем, что наименьшее значение коэффициента трения должно равняться:

$$\mu_{\min} = \frac{h}{L}. \quad (4.7)$$

Таким образом:

$$(f_1 + f_2) \left( x - \frac{L}{2} \right) = \left( \frac{f_1}{\mu} + \frac{f_2}{\mu} \right) \cdot \frac{h}{2} \rightarrow \left( x - \frac{L}{2} \right) = \frac{h}{2\mu} \rightarrow \mu = \frac{h}{2x - L}. \quad (4.8)$$

Очевидно, что коэффициент трения минимален при максимальном значении знаменателя:

$$\mu_{\min} = \frac{h}{2L - L} \rightarrow \mu_{\min} = \frac{h}{L}. \quad (4.9)$$

Износ пластины по длине  $L$  минимальный. Максимальный износ пластины происходит по высоте  $h$ . Минимальное значение  $k_{\min}$  равно 0,15.

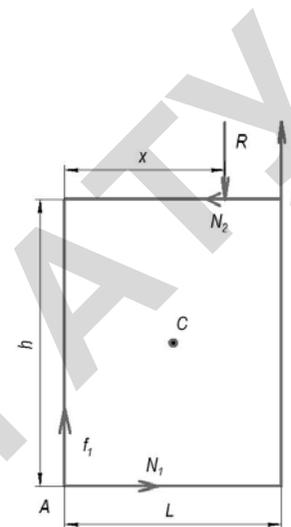


Рис. 4.21. Модель условий заклинивания пластины

Одной из причин увеличения торцовых зазоров является износ крышек и торцовой поверхности ротора (рис. 4.22). Пластинчатые вакуумные насосы чувствительны к величине торцовых зазоров. Влияние этого зазора в пластинчатом насосе более ощутимо, чем в водокольцевом насосе, из-за гидравлических сопротивлений потока жидкости в зазорах.

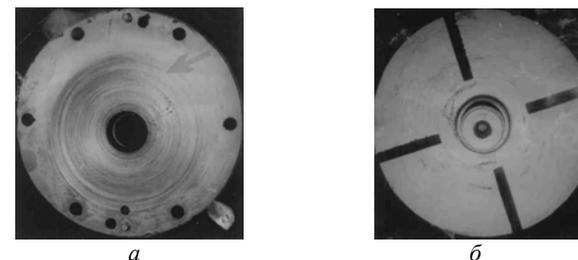


Рис. 4.22. Износ элементов насоса:  
а – боковая крышка; б – торцовая часть ротора

Зазоры между деталями в рабочем пространстве вакуумного насоса образуют щели малой высоты. Протечки воздуха через зазоры составляют значительную часть производительности насоса. Снижению производительности насоса способствует и повышение температуры корпуса насоса. Это утверждение вытекает из физико-математической модели, учитывающей геометрические размеры торцового

зазора (входное отверстие зазора имеет площадь  $S_1$ , выходное –  $S_2$ ) и термодинамические параметры воздушной среды (на входе скорость воздуха равна  $\vartheta_1$ , температура –  $T_1$ , давление –  $p_1$ , а на выходе температура –  $T_2$ , давление –  $p_2$ ). Скорость воздуха в выходном сечении определяется вышеприведенными макроскопическими параметрами и временем прохождения струй воздуха из одной ячейки в смежную ячейку. За время  $\Delta t$  в щель входит объем воздуха  $V_1 = S_1 \vartheta_1 \Delta t$ , а выходит объем  $V_2 = S_2 \vartheta_2 \Delta t$ . Так как это равные массы, то из обобщенного газового закона  $p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2$  находим

$$\vartheta_2 = \frac{p_1 T_2 S_1}{p_2 T_1 S_2} \cdot \vartheta_1.$$

Площадь входного торцового зазора определяется

углом сжатия воздуха. Этот угол в среднем составляет  $\pi/3$ . Площадь выходного торцового зазора определяется углом всасывания воздуха. Этот угол в среднем составляет  $\pi$ .

Давление сжимаемого воздуха в ячейке для ротора с четырьмя лопатками и температура сжимаемого воздуха в двух смежных ячейках определяют формулы адиабатического процесса сжатия. Тогда значение скорости воздушной струи, протекающей в смежную ячейку, можно найти из системы уравнений:

$$\begin{cases} \vartheta_2 = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \cdot \frac{\pi}{3\pi} \cdot \vartheta_1 = \frac{p_1 T_2 \vartheta_1}{3 p_2 T_1} \\ p_2 = p_0 \left( 2 \sqrt{1 + \cos(\varphi - \frac{\pi}{2}) - \frac{e}{R} \sin^2(\varphi - \frac{\pi}{2})} \right)^k \\ T_1 = T_{\text{вс}} (p_\varphi / p_{\text{вс}})^{(k-1)/k} = T_{\text{вс}} \left( 2 \sqrt{1 + \cos \varphi - \frac{e}{R} \sin^2 \varphi} \right)^{k-1} \\ T_2 = T_{\text{вс}} \left( 2 \sqrt{1 + \cos(\varphi - \frac{\pi}{2}) - \frac{e}{R} \sin^2(\varphi - \frac{\pi}{2})} \right)^{k-1} \end{cases} \rightarrow \vartheta_2 = \frac{\left( 1 + \cos(\varphi - \frac{\pi}{2}) - \frac{e}{R} \sin^2(\varphi - \frac{\pi}{2}) \right)^{k-1}}{1 + \cos \varphi - \frac{e}{R} \sin^2 \varphi} \cdot \frac{\vartheta_1}{3}, \quad (4.10)$$

где  $p_0$  – давление всасывания, Па;  
 $k$  – показатель политропы.

Малый промежуток времени истечения позволяют считать давление и температуру воздуха в ячейке постоянными. Поэтому воздух, находящийся в некоторый момент времени между сечениями 1 и 2 трубки тока (рис. 4.23) и перешедший за малый промежуток времени в новое положение между сечениями 1' и 2', характеризуется изменением внутренней энергии  $U$  и кинетической энергии макроскопического направленного движения  $E_k$ . Действующие на выделенную часть воздуха силы давления со стороны соседних участков в сечении 1 направлены вдоль перемещения и противоположны перемещению в сечении 2. Макроскопические параметры – температура  $T$  и давление  $p$  – равновесной термодинамической системы одинаковы во всех точках. Значения этих параметров воздушного потока меняются. Локальное термодинамическое равновесие лишь отдельных частей потока, а также медленное изменение скорости макроскопического движения воздуха в пространстве и во времени позволяют считать давление и температуру воздуха меняющимися вдоль трубки тока.

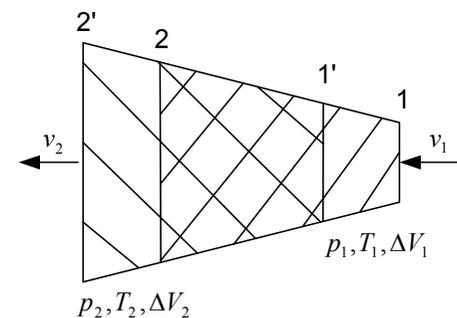


Рис. 4.23. Расчетная схема постоянства энергии струи

Так как значения этих параметров связаны между собой уравнением состояния, то работу  $\Delta A$  при перемещении количества воздуха  $v$  за время  $\Delta t$  можно выразить через температуру воздуха в сечениях 1 и 2. Уравнение закона сохранения энергии можно записать в виде:

$$\begin{cases} \Delta U + \Delta E_k = \Delta Q + \Delta A \\ \Delta Q = 0 \\ \Delta U = \nu C_V (T_1 - T_2) \\ \Delta E_k = \nu \mu (\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2) / 2 \\ \Delta A = p_1 \Delta V_1 - p_2 \Delta V_2 \rightarrow A = \nu R (T_1 - T_2) \end{cases} \rightarrow$$

$$\rightarrow (C_V + R)(T_2 - T_1) + \nu \mu (\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2) / 2 = 0, \quad (4.11)$$

где  $\Delta Q$  – количество теплоты, сообщенное воздуху, Дж;

$\Delta A$  – работа, совершенная действующими на воздух внешними силами за время  $\Delta t$ , Дж;

$C_V$  – молярная теплоемкость при постоянном объеме;

$\nu$  – количество воздуха, моль ;

$\mu$  – молярная масса воздуха, кг/моль ;

$\vartheta_1$  и  $\vartheta_2$  – скорости струи на входе и выходе из зазора, м/с;

$p_1$  и  $p_2$  – давление воздуха в сечениях 1 и 2;

$\Delta V_1$  – объем части трубки тока между сечениями 1 и 1';

$\Delta V_2$  – объем части трубки тока между сечениями 2 и 2'.

Учитывая, что  $C_V + R = C_p$ ,  $\gamma = C_p / C_V$ , где  $C_p$  – молярная теплоемкость при постоянном давлении, можно записать:

$$C_p = \frac{C_p}{C_V} \cdot C_V = \gamma (C_p - R).$$

Откуда:

$$C_p = R\gamma / (\gamma - 1).$$

В результате:

$$\vartheta_1 = \sqrt{\frac{2}{\mu} \frac{\gamma}{\gamma - 1} R (T_1 - T_2)}.$$

Тогда выражение скорости потока на выходе в смежную ячейку при числе пластин, равном четырем, примет вид:

$$\vartheta_2 = \frac{\left(1 + \cos\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right) - \frac{e}{R} \sin^2\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right)\right)}{3 \left(1 + \cos\varphi - \frac{e}{R} \sin^2\varphi\right)} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{2}{\eta(\gamma-1)} \cdot RT_{BC} \left( \left( \frac{2}{1 + \cos\varphi - \frac{e}{R} \sin^2\varphi} \right)^{k-1} - \left( \frac{2}{1 + \cos\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right) - \frac{e}{R} \sin^2\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right)} \right)^{k-1} \right)} \quad (4.12)$$

При исходных данных ( $T_{BC} = 300$  К,  $\eta = 29 \cdot 10^{-3}$  кг/моль,  $\gamma \approx 1,4$ ,  $0 \leq \varphi \leq 180^\circ$ ,  $k = 1,4$ ,  $R = 8,31$ ) рассчитаны скорости перетечек воздуха между смежными ячейками. Скорость воздуха при угле поворота ячейки от  $50^\circ$  до  $70^\circ$  переменная и достигает 180 м/с (рис. 4.24). Таким образом, кинетическая энергия направленного движения воздушной струи из ячейки вакуумного насоса обусловливается внутренней энергией хаотического теплового движения молекул воздуха в ячейке. Так как внутренняя энергия воздуха зависит только от температуры, то скорость истечения определяется температурой. Величина скорости струи обратного потока воздуха определяется перепадом температур воздуха смежных ячеек.

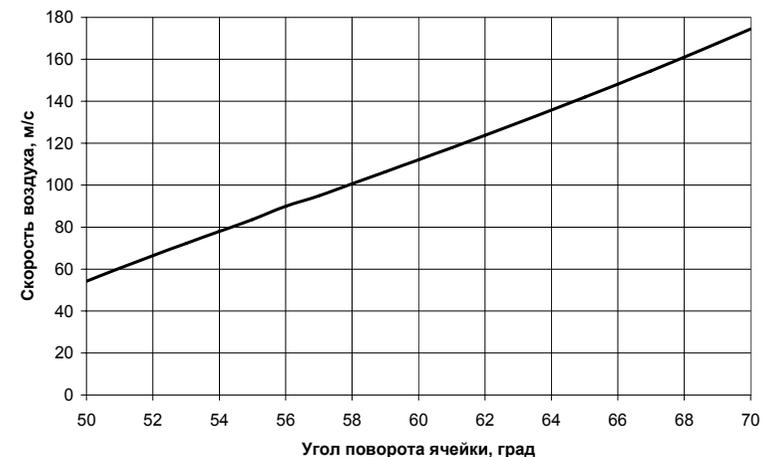


Рис. 4.24. Зависимость скорости протечек воздуха от угла поворота ячейки

Поэтому при диагностике насосных агрегатов следует устранять ошибки, вызывающие нежелательные последствия. Так, отклонение осей электродвигателя и насоса (рис. 4.25) вызывает нагрев подшипников. Слабая вентиляция и, как следствие, слабое охлаждение корпуса насоса, усиливая температурный фактор, также влияют на снижение быстроты действия насоса.

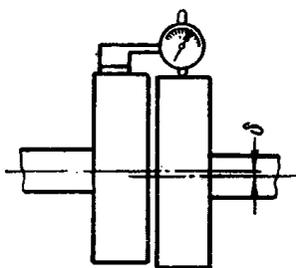


Рис. 4.25. Схема проверки соосности валов

Соединение отдельных выхлопных труб с подъемом в сторону глушителя затрудняет выхлоп отработанных газов, увеличивает нагрев присоединенных насосов и снижает их производительность. К этому же приводит и второй эксплуатационный недостаток – отсутствие тройника с дренажным отверстием под глушителем. Отвод выхлопных газов от двух насосов (рис. 4.26) через одну выхлопную трубу повышает сопротивление движению воздуха и давление нагнетания, снижая быстроту действия вакуумных насосов. Вакуумные насосы соединяют с трубопроводом пластмассовым предохранителем. В нарушение конструкции обратный клапан иногда переворачивают на 180° либо вообще не устанавливают. Нарушением является также использование резинового шланга вместо жесткого предохранителя. Во всех этих случаях после выключения насоса атмосферный воздух устремляется в сторону вакуумной системы через насос, вращая в обратную сторону его ротор. Для пластинчатого насоса это чревато поломкой наклонных пластин.

Для наклонных пластин равнодействующая сил трения по корпусу насоса совпадает с направлением паза ротора, снижая вероятность заклинивания. Обратное вращение таких пластин увеличивает изгибающий момент, действующий на пластину, и создает условия для ее заклинивания (рис. 4.27).

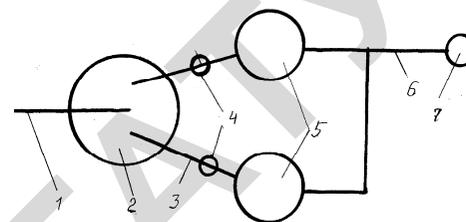


Рис. 4.26. Схема вакуумного агрегата с общей выхлопной трубой:  
1 – трубопровод; 2 – баллон; 3, 6 – патрубки; 4 – регулятор;  
5 – насос; 7 – глушитель

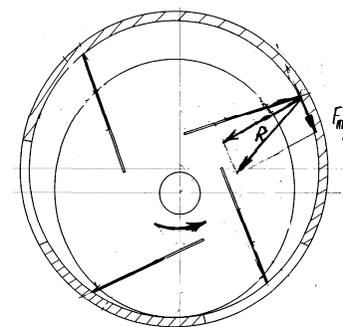


Рис. 4.27. Равнодействующая сил при вращении ротора против часовой стрелки

Нарушением правил эксплуатации водокольцевого насоса является присоединение шланга для подвода оборотной воды к крану, вваренному внизу емкости оборотной воды (рис. 4.28).

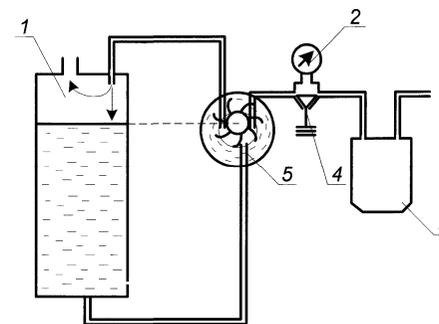


Рис. 4.28. Схема вакуумного агрегата с нижним шлангом оборотной воды:  
1 – емкость; 2 – вакуумметр; 3 – баллон; 4 – регулятор вакуума; 5 – насос

Осадок, образующийся в емкости для оборотной воды, при запуске насоса попадает внутрь, ускоряя износ его рабочих элементов и снижая быстроту действия насоса.

#### 4.2.2. Оценка засоренности и герметичности молочно-вакуумных систем

Диагностирование молочно-вакуумных систем – это процесс обнаружения и поиска дефектов и неисправностей, влияющих на величину вакуумметрического давления в молочной и вакуумной линиях и колебания вакуума (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Диагностические параметры молочно-вакуумных систем

Параметры	Пределы
Вакуумметрическое (статическое) давление, кПа	$(45-48) \pm 1$
Максимальный перепад давления в вакуумном трубопроводе, кПа	2,5
Максимальный перепад давления в молочном трубопроводе, кПа	3,5
Импульсное вакуумметрическое давление, кПа	$(44-47) \pm 1$
Допустимая скорость транспортирования молока, м/с	6,0
Допустимое изменение давления в процессе доения, кПа	3,0
Допустимая продолжительность восстановления давления, с	3,0

Перечень контролируемых параметров и обязательных операций при техническом обслуживании узлов доильной установки (табл. 4.4) включает выявление и устранение мест подсоса воздуха в молочно-вакуумных кранах и муфтовых соединениях.

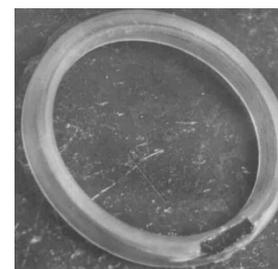
Герметичность молочных и вакуумных систем нарушают подсосы воздуха. Воздух просачивается через молочно-вакуумные краны и соединительные муфты молочных трубопроводов, трещины мембран (рис. 4.29). В зимнее время под воздействием отрицательных температур воздуха пластмассовые трубы молочных трубопроводов в конце кормовых проездов остывают и сжимаются сильнее, чем резиновые муфты. Это приводит к большим зазорам в стыке муфт

и значительному подсосу воздуха через них. По этим причинам рабочий вакуум на доильных установках составляет зачастую лишь около 40 %.

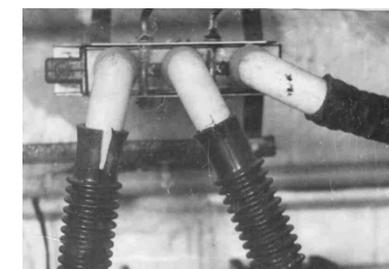
Таблица 4.4

Периодичность диагностирования параметров  
и узлов молочно-вакуумных систем

Основные параметры и узлы	Ежедневно	Ежемесячно	Два раза в год
1. Наличие подсосов воздуха в местах соединений элементов	+		
2. Величина запаса производительности		+	
3. Величина вакуума в молокопроводной системе	+		
4. Засоренность вакуумного трубопровода		+	+
5. Состояние штоков дозаторов и посадочных мест клапанов спуска конденсата	+		
6. Состояние деталей молочного насоса		+	+
7. Работоспособность подъемной части молокопровода		+	
8. Техническое состояние муфт и кранов	+		
9. Работоспособность системы опорожнения молокосорборника	+		+
10. Наличие молочного камня в молочных трубах		+	
11. Работоспособность системы промывки	+		+



а



б

Рис. 4.29. Дефекты элементов молочно-вакуумной системы: а – износ прокладки молочного крана; б – разрыв гофрированной муфты

Низкий вакуум способствует спаданию доильных аппаратов с вымени коров, увеличивает частоту пульсаций, ведет к неполному выдаиванию тугодойких коров (рис. 4.30). Доеение коров низким вакуумом снижает на 3–25 % надой молока, вынуждает устанавливать дополнительные вакуумные насосы и повышать затраты электрической энергии.

Диагностика узлов молочно-вакуумных систем должна проводиться слесарем фермы при ежедневном техническом обслуживании. Объектами внимания его в молочном и моечном отделениях являются: герметичность соединений деталей молокоприемника и молочного насоса, упругость сосковой резины, состояние прорезей подсоса воздуха в корпусах коллекторов, техническое состояние молочных и вакуумных шлангов. Диагностика молочных и вакуумных трубопроводов в помещении коровника включает оценку состояния стеклянных труб и вакуумметров, положение подъемных петель молочного трубопровода. Кроме того, слесарь вместе с выездным звеном мастеров-наладчиков станции технического обслуживания райагросервиса должен участвовать в проведении периодического технического обслуживания доильной установки. Примерная схема маршрута слесаря при диагностике доильной установки в коровнике на 200 гол. приведена на рис. 4.31.

Требования технического состояния молочно-вакуумной системы вытекают из условия постоянства потока воздуха:

$$S_0 p_2 = U(p_2 - p_1) = S_n p_1, \quad (4.13)$$

где  $S_0$  – быстрота откачки, м<sup>3</sup>/с;

$p_2$  – давление в молочно-вакуумном кране, Па;

$U$  – проводимость трубопроводов, м<sup>3</sup>/с;

$S_n$  – быстрота действия насоса, м<sup>3</sup>/с;

$p_1$  – давление во всасывающем патрубке насоса, Па.

Это математическое условие подтверждает, что быстрота откачки определяется быстротой действия насоса и проводимостью трубопровода:

$$S_0 / S_n = U / (U + S_n). \quad (4.14)$$

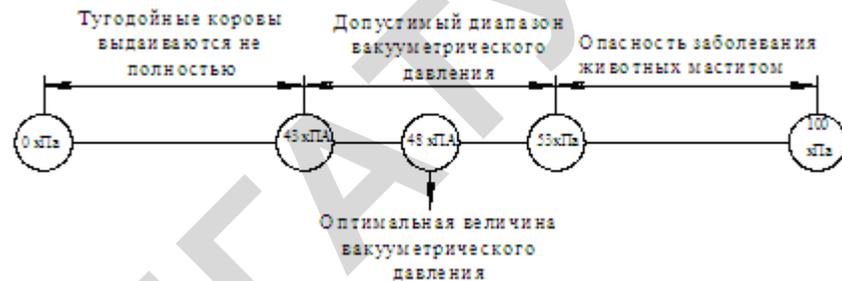


Рис. 4.30. Диапазон вакуумметрического давления доильной установки

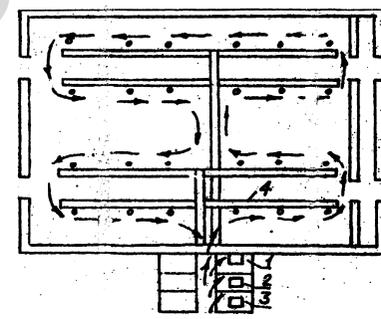


Рис. 4.31. Схема маршрута слесаря при диагностике доильной установки:

- 1 – моечное оборудование; 2 – молочное оборудование;
- 3 – насосы; 4 – молокопровод

Если пропускная способность трубопровода значительно превышает быстроту действия насоса, то скорость откачки примерно равна скорости действия насоса. Большая проводимость такого трубопровода  $U$  повышает коэффициент использования быстроты действия  $S_n$  вакуумного насоса до максимального значения (рис. 4.32), определяемого соотношением:

$$K_n = U / (S_n + U). \quad (4.15)$$

Если же проводимость трубопровода значительно меньше быстроты действия насоса, то быстрота откачки примерно равна проводимости трубопровода. Поэтому для повышения быстроты откачки желательно при постоянной быстроте действия насоса увеличивать

пропускную способность трубопроводов, т. е. делать их большого диаметра. Это техническое требование запрещает монтировать отдельные участки магистральных трубопроводов из отрезков труб малого диаметра. Нарушение этих условий снижает коэффициент использования насоса и увеличивает энергетические потери.

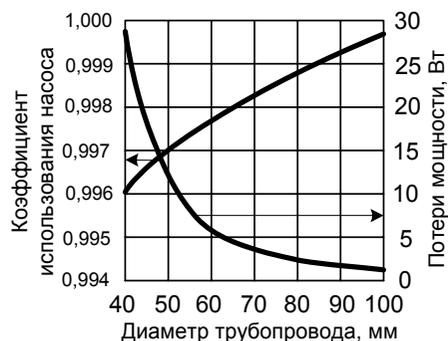


Рис. 4.32. Коэффициент использования быстроты действия насоса

Кроме того, увеличенный диаметр молочного трубопровода снижает скорость транспортирования молока, так как процесс образования жировых агломератов при турбулентном режиме потока молока в зависимости от продолжительности механического воздействия происходит при скоростях выше 6 м/с (рис. 4.33).

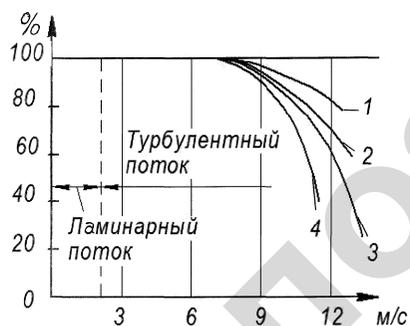


Рис. 4.33. Кривые зависимости содержания жира от параметров молочного потока: 1 — 5 °C; 2 — 10 °C; 3 — 15 °C; 4 — 20 °C

Проводимость трубопровода зависит от его диаметра и длины, неровностей поверхности (табл. 4.5). Шероховатость поверхности стенок характеризуется величиной и формой выступов и неровностей и зависит от материала, способа изготовления и соединения труб. Она изменяется с течением времени в результате отложения осадков, ржавчины. Основной характеристикой шероховатости является абсолютная шероховатость  $\Delta$ , представляющая собой среднюю высоту бугорков и выступов. Поскольку сложно оценить фактическую высоту выступов, то пользуются понятием эквивалентной шероховатости  $\Delta_{\text{экв}}$ , под которой подразумевают такую однородную шероховатость, которая дает потери на трение, равные потерям при действительной шероховатости.

Таблица 4.5

Значения относительной шероховатости

Труба	Состояние поверхности	$\Delta_{\text{экв}}$ , мм
Стальная бесшовная	Без покрытия, новая и чистая	0,02–0,10
	Без покрытия после нескольких лет эксплуатации	1,2–1,5
	Оцинкованная новая	0,15
	Оцинкованная, после 3 лет эксплуатации	0,27
Стальная сварная	Новая и чистая	0,04–0,10
	После эксплуатации	0,10–0,15
Из алюминия	Новая, технически гладкая	0,015–0,06
Из стекла		0,0015
Пластмассовая		0,0015

Так как толщина вязкого подслоя  $\delta$  зависит от числа Рейнольдса, то она может быть больше или меньше высоты выступов шероховатости. Следовательно, одна и та же труба в зависимости от числа Рейнольдса может быть гидравлически гладкой или шероховатой. Эквивалентная шероховатость в зависимости от диаметра трубы по-разному сказывается на величине гидравлических сопротивлений. Поэтому для оценки гидравлических потерь используют понятие относительной шероховатости  $\Delta_{\text{экв}} / d$  относительной гладкости. Гидравлические сопротивления по длине при турбулентном режиме течения существенно зависят от соотношения между характеристикой

шероховатости и толщиной ламинарного подслоя. Различают три области гидравлических сопротивлений.

1. Область гидравлически гладких труб –  $Re < 10d / \Delta_{\text{экв}}$ , когда толщина вязкого подслоя больше высоты неровностей:  $\delta > \Delta_{\text{экв}}$  (рис. 4.34). Турбулентная часть потока не касается выступов и скользит по ламинарному подслою, как по гладкой трубе, а вязкий подслоем обтекает выступы без разрывов и вихреобразования. В этом случае шероховатость трубы не влияет на гидравлическое сопротивление и гидравлический коэффициент трения.

2. Переходная область –  $10d / \Delta_{\text{экв}} < Re < 500d / \Delta_{\text{экв}}$ , в которой высота выступов имеет один порядок с толщиной вязкого подслоя:  $\delta \leq \Delta_{\text{экв}}$  (рис. 4.35). В этом случае величины потерь напора на трение по длине и гидравлический коэффициент трения зависят как от числа Рейнольдса, так и от высоты неровностей.

3. Область гидравлически шероховатых труб –  $Re > 500d / \Delta_{\text{экв}}$ , когда толщина вязкого подслоя значительно меньше высоты неровностей:  $\delta \ll \Delta_{\text{экв}}$  (рис. 4.36). В этом случае выступы выходят за пределы ламинарного подслоя в турбулентное ядро потока, являясь дополнительными источниками вихреобразования, способствующими усилению процесса перемешивания. Обтекание выступов носит резко выраженный отрывной характер.

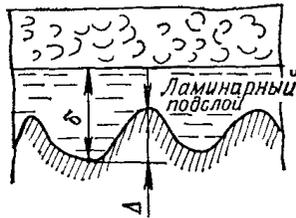


Рис. 4.34. Гидравлически гладкая труба

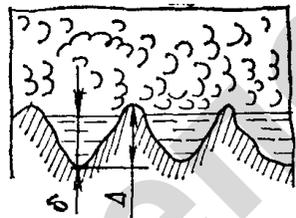


Рис. 4.35. Гидравлически переходная труба



Рис. 4.36. Шероховатая труба

Проводимость трубопроводов снижают трубы, согнутые без трубогиба, вертикальные и наклонные краны (рис. 4.37).

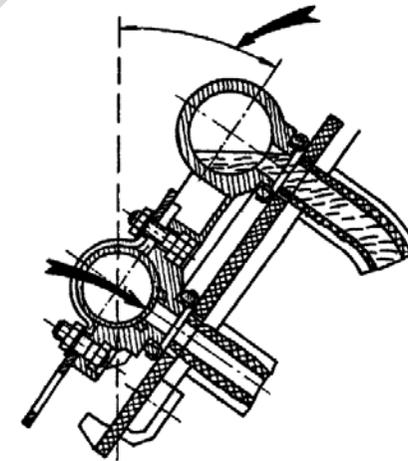


Рис. 4.37. Ухудшение проводимости наклонного крана

Скапливающаяся в трубопроводе грязь со временем забивает отверстие вакуумного крана, установленного вертикально вниз (рис. 4.38). Затрудняет очистку узлов применение угольника вместо креста. Ускоряет загрязнение вакуумных трубопроводов отсутствие клапанов спуска конденсата. Вероятность засорения повышает наличие кривизны труб. Допустимая кривизна труб составляет всего 1,5 мм на 1 м его длины.

Засоренность вакуумного или молочного трубопроводов целесообразно определять по разности вакуумметрических давлений с помощью ручки доильного аппарата с двумя вакуумметрами (рис. 4.39).

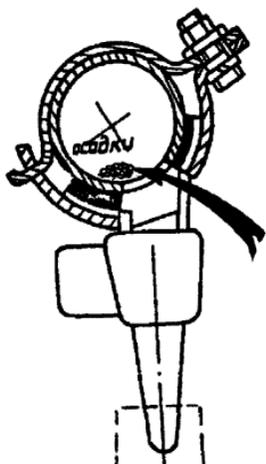


Рис. 4.38. Места засорения вертикального крана

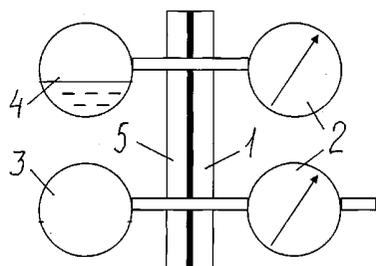


Рис. 4.39. Диагностическое устройство измерения вакуума:  
1 – ручка аппарата; 2 – вакуумметры; 3, 4 – трубопроводы;  
5 – молочно-вакуумный кран

Малый диаметр магистрального трубопровода снижает величину вакуума в нем сильнее, чем его длина. Допускается уменьшение магистрального трубопровода между 3-й и 4-й ветками (рис. 4.40), но не на двух сразу (например, между 2, 3 и 4 ветками).

На фермах с торцовым расположением молочного и вакуумного помещений снижению вакуума в наиболее удаленных кранах способствует соединение магистрального и рабочих ветвей в торце коровника (рис. 4.41). Рациональной схемой является вывод магистрального вакуумного трубопровода на середину коровника.

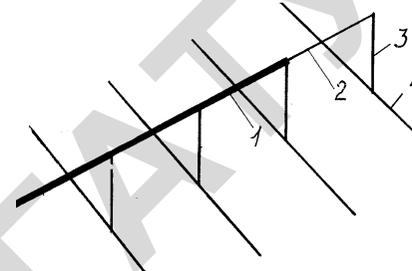


Рис. 4.40. Допустимый вариант монтажа магистрального трубопровода:  
1, 2 – трубы; 3 – стояк; 4 – рабочая ветвь

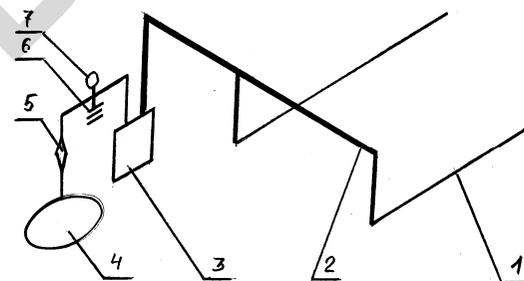


Рис. 4.41. Торцовая схема монтажа магистрального трубопровода:  
1, 2 – трубопроводы; 3 – баллон; 4 – насос; 5 – предохранитель;  
6 – регулятор; 7 – вакуумметр

Величина воздушного потока, откачиваемого насосом, выражается уравнением  $Q = Sp$  (где  $S$  – быстрота действия насоса ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и  $p$  – давление (кПа)). Постоянная быстрота действия вакуумного насоса вызывает уменьшение давления в вакуумной системе (рис. 4.42). В целом регулятор должен работать таким образом, чтобы в условиях его проверки уровень давления не изменялся более чем на 2,0 кПа по сравнению с величиной давления при работе всех узлов установки (точка 3).

Произведение амплитуды колебания вакуумметрического давления на время не должно превышать 20 кПа·с, а с доением в ведро – 40 кПа·с. Время стабилизации каждого изменения расхода воздуха не должно превышать 3 с, а кривая величины вакуума при изменении расхода воздуха не должна выходить за пределы зоны допустимых отклонений (рис. 4.43).

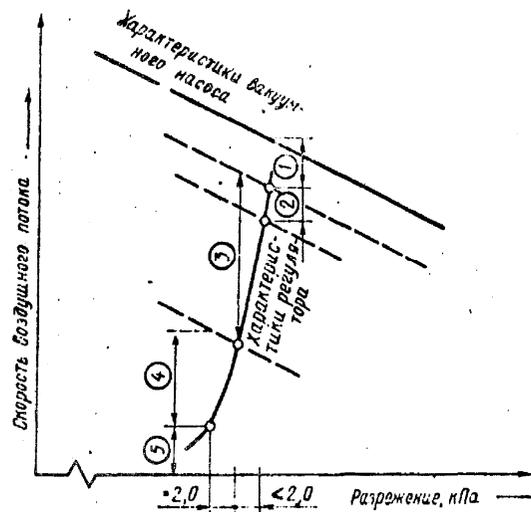


Рис. 4.42. Распределение воздушных потоков:

1 — расход воздуха узлами установки, включая негерметичность системы;  
 2 — расход воздуха одним аппаратом; 3 — расход воздуха всеми аппаратами; 4 — запас производительности; 5 — подсос из-за негерметичности; 4, 5 — резерв расхода воздуха

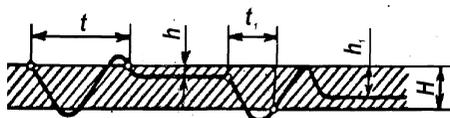


Рис. 4.43. Кривая стабилизации вакуумметрического давления при увеличении расхода воздуха:

$H$  — зона допустимых отклонений давления (3 кПа) при стабилизации;  
 $t_i$  — время стабилизации давления;  $h_i$  — отклонение от номинального значения давления после его стабилизации

Стабильность вакуумного режима определяет техническое состояние вакуумных регуляторов. Типичной ошибкой является заливка большого количества масла в колпак. Наклон вакуумного регулятора вызывает постоянное трение груза о стенки колпака, снижая чувствительность регулятора.

Наиболее простым способом диагностики наличия резерва для расхода воздуха при доении коров является контроль положения стрелки индикатора вакуумного регулятора. Вертикальное положение

стрелки индикатора во время доения коров свидетельствует об отсутствии резерва расхода воздуха. Во время доения стрелка индикатора должна быть не ниже второго деления от вертикали ( $7 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). В случае отсутствия индикатора диагностику проводят органолептическим методом: ладонью закрывают всасывающее отверстие вакуумного регулятора. Присасывание ладони свидетельствует о наличии резерва расхода воздуха. Однако такие методы не позволяют сделать количественную оценку стабильности вакуумного режима.

Колено (изгиб) на трубе постоянного поперечного сечения вызывает образование вторичного спиралеобразного течения. Картина течения в колене и за ним усложняется также и из-за возможности отрыва потока. Причина отрыва состоит в наличии отрицательного перепада давления. Такая конструкция вызывает значительные потери энергии на отрыв потока от стенок и вихреобразование, которые увеличиваются с увеличением угла поворота. Под действием центробежных сил возникают две зоны вихреобразования: у внутренней стороны — зона отжима с пониженным давлением, а у внешней — водоворотная область с повышенным давлением. Из-за разных давлений в застойных зонах появляется винтовое движение жидкости, направленное из зоны высокого в зону низкого давления. Это движение накладывается на основной поток вдоль оси, что способствует увеличению потерь напора (рис. 4.44).

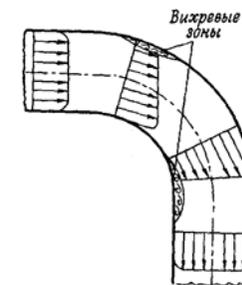


Рис. 4.44. Схема движения потока на изгибе трубопровода

Сопротивление движению при ламинарном течении растет прямо пропорционально росту скорости. Когда развивается турбулентность, то наблюдается резкий скачок сопротивления. Он может достигать 100 % и более. Минимальная потеря напора достигается тогда,

когда радиус средней линии колена составляет около четырех радиусов трубы. Поэтому в местах поворотов диагностические приборы следует монтировать на расстоянии, превышающем 5 диаметров трубы. Одним из первоисточников, порождающих упомянутые вихри, являются поверхности разрыва скорости: выступающие внутри труб патрубки вакуумметров, регуляторов вакуума и точек измерения расхода воздуха.

Подсос воздуха снижает вакуумметрическое давление в подсосовом пространстве доильных стаканов. Теория вакуумной техники позволяет оценивать герметичность вакуумных и молочных трубопроводов по предельному давлению. Для этого учитывают связь между воздушным потоком  $Q$ , просачиванием воздуха  $\Delta Q$  и изменением предельного давления в трубопроводах. При протекании через щели воздуха объемом  $U$ , измеренного при атмосферном давлении  $p_a$ , и потока воздуха через них  $\Delta Q$ , давление в системе повысится на величину  $\Delta p$ :

$$\begin{cases} Q = pS = S_n(p - p_0) \\ \Delta Q = p_a U \\ Q + \Delta Q = S_n(p + \Delta p - p_0) \end{cases} \rightarrow U = S_n \Delta p / p_a. \quad (4.16)$$

Эта закономерность позволяет оценивать герметичность вакуумных и молочных трубопроводов вакуумметром. Для определения требуемого параметра достаточно зафиксировать предельное вакуумметрическое давление, развиваемое насосом, и рассчитать быстроту его действия по заводским данным. С учетом вышеизложенных теоретических предпосылок рекомендуется последовательность контроля герметичности вакуумной системы по предельным давлениям насоса, вакуумных и молочных трубопроводов. Зная предельное вакуумметрическое давление насоса, можно определить вакуумметрическое давление системы «насос–трубопроводы» (рис. 4.45).

Если, например, фактическое вакуумметрическое давление по результатам измерения составляет 85 кПа, а ранее измеренная величина предельного вакуумметрического давления предыдущего планового технического обслуживания составила 87 кПа, то фактическое натекание воздуха через щели вакуумных трубопроводов составит на момент измерения:

$$\Delta S_{2нв} = S_{1н} \cdot \frac{p_{2н} - p_{2нв}}{p_{1н}} = 60 \cdot \frac{90 - 85}{99} = 3,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Увеличение натекания воздуха за диагностируемый период составит:

$$\Delta S_{2нв} = S_{1н} \cdot \frac{p_{1нв} - p_{2нв}}{p_{1н}} = 60 \cdot \frac{87 - 85}{99} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вакуумные трубопроводы считаются герметичными, если измеренное вакуумметрическое давление больше допустимого значения.

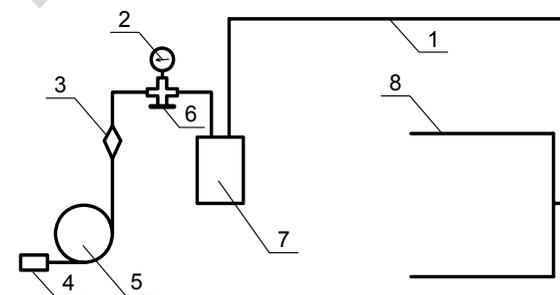


Рис. 4.45. Контроль герметичности трубопроводов вакуумной системы: 1 – магистральный трубопровод; 2 – вакуумметр; 3 – предохранитель; 4 – глушитель; 5 – вакуумный насос; 6 – заглушка; 7 – вакуумный баллон; 8 – молокоприемник

Зная предельное вакуумметрическое давление системы «насос–трубопроводы» (рис. 4.46), определяют допустимое предельное вакуумметрическое давление системы «насос–трубопроводы–молочные трубопроводы». Молочные трубопроводы считаются герметичными, если измеренное вакуумметрическое давление больше допустимого значения. Если, например, фактическое вакуумметрическое давление по результатам измерения составляет 70 кПа, а ранее измеренная величина предельного вакуумметрического давления предыдущего планового технического обслуживания составила 75 кПа, то фактическое натекание воздуха через щели молочных трубопроводов составит на момент измерения:

$$\Delta S_{2\text{НВМ}} = S_{1\text{НВ}} \cdot \frac{p_{2\text{НВ}} - p_{2\text{НВМ}}}{p_{1\text{НВ}}} = 60 \cdot \frac{85 - 70}{99} = 6,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Увеличение натекания воздуха за диагностируемый период

$$\Delta S_{2\text{НВМ}} = S_{1\text{НВ}} \cdot \frac{p_{2\text{НВ}} - p_{2\text{НВМ}}}{p_{1\text{НВ}}} = 60 \cdot \frac{75 - 70}{99} = 3,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Молочные трубопроводы считаются герметичными, если измеренное вакуумметрическое давление больше допустимого значения. После включения насоса груз вакуумного регулятора вручную оттягивается до плотного закрытия клапаном вакуумного регулятора его седла. Если, например, фактическое вакуумметрическое давление по результатам измерения составляет 88 кПа, то фактическое натекание воздуха через вакуумный регулятор составит на момент измерения:

$$\Delta S_{\text{вр}} = S_{1\text{н}} \cdot \frac{p_{1\text{нвр}} - p_{2\text{нвр}}}{p_{1\text{н}}} = 60 \cdot \frac{90 - 88}{99} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Распределение воздушных потоков при диагностировании вакуумной системы доильной установки представлено на рис. 4.47.

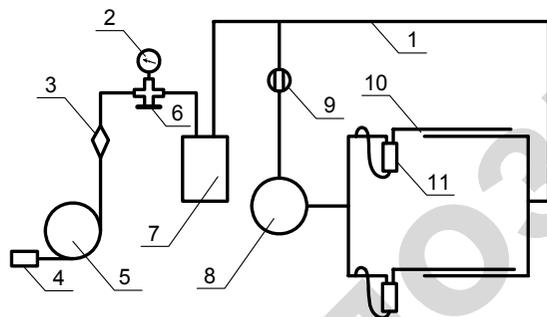


Рис. 4.46. Схема контроля герметичности молочных трубопроводов: 1 – магистральный трубопровод; 2 – вакуумметр; 3 – предохранитель; 4 – глушитель; 5 – вакуумный насос; 6 – заглушка; 7 – вакуумный баллон; 8 – молокоприемник; 9 – разделитель; 10 – рабочая ветвь; 11 – дозатор

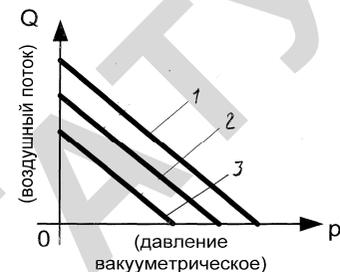


Рис. 4.47. Графики воздушных потоков: 1 – насос; 2 – вакуумные трубопроводы; 3 – молочные трубопроводы

Натекания воздуха могут происходить через муфтовые соединения и молочно-вакуумные краны. Появление воздушных пузырей в молокоприемнике при откачке молока является сигналом для контроля технического состояния уплотнения молочного насоса. Вероятны: износ уплотнительных колец и манжет, нарушения герметичности соединения всасывающего шланга или обратного клапана. В молочном трубопроводе снижает вакуум (на 15–20 %) соединение только одного из двух задействованных вакуумных насосов с молочной магистралью. Соединение молокоприемника одной трубой малого диаметра (40 мм) с магистральными трубопроводами усиливает колебания вакуума в молочных трубах. Совмещение при монтаже доильных установок АДС-200 транспортного трубопровода с вакуумным трубопроводом (рис. 4.48) усиливает колебания вакуума.

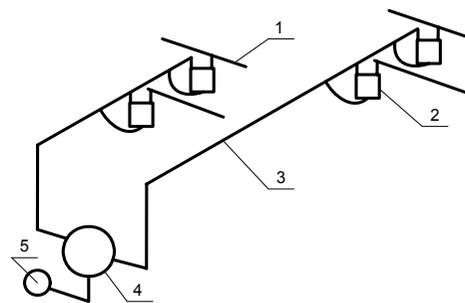


Рис. 4.48. Схема доильной установки АДС-200 с совмещенным трубопроводом: 1, 3 – трубопровод; 2 – дозатор молока; 4 – молокоприемник; 5 – насос молочный

При эксплуатации молочных насосов исключается перекачка молока из молокоприемника шлангом, провисшим ниже оси молочного насоса (рис. 4.49).

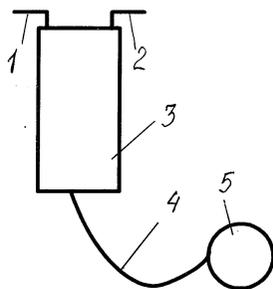


Рис. 4.49. Признак невозможности откачки молока из молокоприемника – провисший шланг:  
1 – насос; 2 – молокопровод; 3 – трубопровод;  
4 – молокоприемник; 5 – шланг

Перекачка молока из емкости, находящейся под атмосферным давлением, должна производиться насосом, центр оси которого расположен на расстоянии более 100 мм ниже сливного патрубка емкости. Это техническое требование обусловлено принципом работы молочного насоса. При вращении лопасти в камере насоса создается разрежение. Перекачиваемая жидкость поступает в него через всасывающий патрубок и отбрасывается лопастью к периферии камеры. Под действием центробежных сил создается давление для вывода ее в нагнетательный патрубок и транспортировки. Объемные потери насоса велики, и поэтому исключается работа его со шлангом, имеющим прогиб выше уровня жидкости (рис. 4.50).

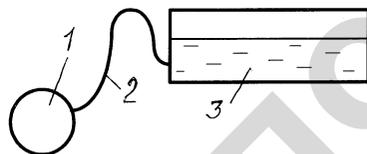


Рис. 4.50. Признак невозможности откачки молока из молочного танка – прогиб шланга выше уровня жидкости:  
1 – насос; 2 – молокопровод; 3 – трубопровод; 4 – молокоприемник; 5 – шланг

Различие общего количества надоенного молока и зафиксированного исправными счетчиками может быть вызвано нарушением горизонтальности установки дозаторов. Молоко, вытесняемое под воздействием разности давлений из дозирующей камеры в молоко-сборник, стекает струйками по соединительному патрубку в ближний дозатор. В результате происходит двойной учет молока одним из дозаторов. На фермах с доением в ведра диагностируют молочные фляги (рис. 4.51), основные дефекты которых приведены в табл. 4.6.

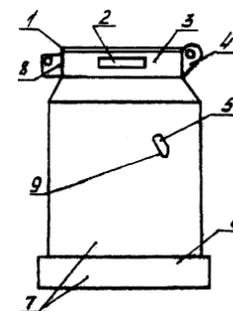


Рис. 4.51. Дефекты молочной фляги (табл. 4.6)

Таблица 4.6

Диагностирование технического состояния корпуса фляги (см. рис. 4.51)

№ и наименование дефекта	Наименование средств контроля или способ выявления дефекта	Заклчение
1. Деформация верхнего края горловины	Осмотр	Ремонтировать
2. Обрыв, трещины или деформация ручек	Осмотр	Ремонтировать
3. Трещины и деформация верхнего обруча	Шаблон	Ремонтировать
4. Обрывы, трещины или деформация заднего кронштейна	Осмотр	Ремонтировать
5. Сквозные пробойны любого характера и расположения: – общей площадью более 200 мм <sup>2</sup> – общей площадью менее 200 мм <sup>2</sup>	Линейка 300 ГОСТ 427–76	Браковать Ремонтировать
6. Обрывы, трещины или деформация нижнего обруча	Осмотр	Ремонтировать

№ и наименование дефекта	Наименование средств контроля или способ выявления дефекта	Заключение
7. Вмятины любого характера и расположения: – общей площадью менее 1000 мм <sup>2</sup> и глубиной 10 мм – общей площадью более 1000 мм <sup>2</sup> и глубиной 10 мм	Линейка 300 ГОСТ 427–76	Ремонтировать  Браковать
8. Обрывы, трещины или деформация переднего обруча	Осмотр	Ремонтировать
9. Состояние корпуса (применение материалов, не разрешенных Минздравом, на ранее отремонтированных корпусах)	Осмотр	Браковать

При диагностике выявляют наличие следов масла или воды на пластмассовом предохранителе, так как в этих случаях может быть нарушена его изолирующая способность. Пластмассовый предохранитель, кроме функции предохранения насоса, выполняет и функцию разделяющей диэлектрической вставки между металлическими частями вакуумного агрегата и линейных трубопроводов. Утечки тока через арматуру доильных установок на вакуумный трубопровод считаются одной из основных причин задержки молока при машинном доении. Воздействие переменным током на коров перед началом доения снижает молокоотдачу (иногда на 30 %). Если животное получило удар током во время дойки, то рефлекс молокоотдачи сразу же тормозится и течение молока из сосков прекращается. Разность потенциалов переменного тока между трубопроводами и полом составляет от 1 до 5 В, а в некоторых коровниках – 10–12 В. Напряжение свыше 15–20 В опасно для жизни животных, поэтому на всасывающем трубопроводе ставят изолирующую вставку – пластмассовый предохранитель.

Экстренность наладки вакуумной системы рекомендуется определять по времени повышения давления в системе (согласно показаниям вакуумметра) после отключения вакуумных насосов. Просачивание воздуха в вакуумную систему доильной установки считается значительным, если падение вакуума за 60 с превышает 25 кПа.

### 4.2.3. Параметры пульсационных циклов доильных аппаратов

Диагностирование доильных аппаратов – это процесс обнаружения и поиска дефектов и неисправностей, вызывающих изменение частоты пульсаций пульсаторов и соотношение их тактов, колебания вакуума под соском. От величины вакуума под соском, в межстенном пространстве стакана, жесткости и натяжения сосковой резины зависит время переходных процессов и интенсивности воздействия сосковой резины на сосок животного (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Диагностические параметры доильных аппаратов

Параметры	Обозначение	Пределы
1. Частота пульсаций пульсаторов, пульс/мин	$N$	$(65-66) \pm 6$
2. Относительная длительность фазы нарастания вакуумметрического давления пульсатора, %	$\tau_a$	$(27-30) \pm 3$
3. Относительная длительность фазы установившегося вакуумметрического давления пульсатора, %	$\tau_b$	$(38-43) \pm 3$
4. Относительная длительность такта сосания пульсатора, %	$\tau_a + \tau_b$	$(65-73) \pm 5$
5. Относительная длительность такта сжатия пульсатора, %	$\tau_c + \tau_d$	$(27-35) \pm 5$
6. Относительная длительность спада вакуумметрического давления пульсатора, %	$\tau_c$	$(10-13) \pm 3$
7. Относительная длительность фазы остаточного вакуумметрического давления пульсатора, %	$\tau_d$	$(17-22) \pm 3$

Временная диаграмма пульсаций вакуумметрического давления пульсатора определяется набором показателей (рис. 4.52). Пульсационная кривая делится на четыре фазы:  $\tau_a$ ,  $\tau_c$  – нарастание и спад давления;  $\tau_b$ ,  $\tau_d$  – остаточное давление.

Длительность фаз пульсационного цикла (рис. 4.53) влияет на скорость извлечения молока из вымени коровы. Снижение длительности фазы раскрытия и увеличение длительности фазы закрытия сосковой резины повышает скорость доения.

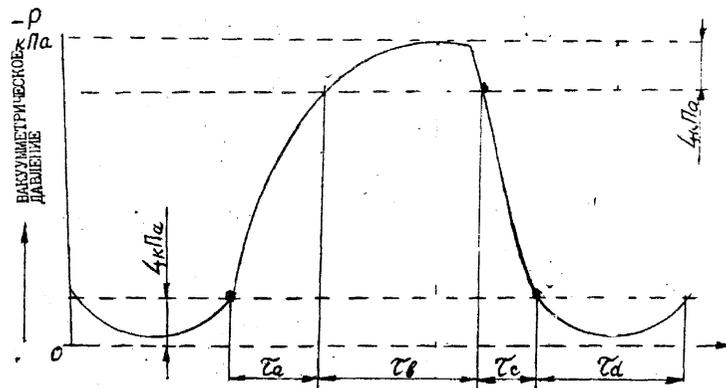


Рис. 4.52. Фазы пульсационной диаграммы:  
 $\tau_a + \tau_b$  – такт сосания;  $\tau_c + \tau_d$  – такт сжатия

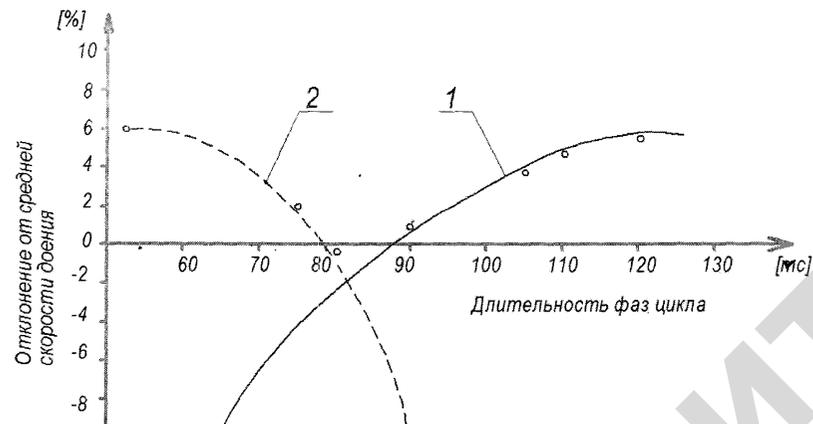


Рис. 4.53. Длительность фаз цикла и скорость доения:  
 1 – от такта сосания до такта отдыха; 2 – от такта отдыха до такта сосания

Применяются три типа доения.

1. Все четыре доильных стакана пульсируют одинаково и одновременно (рис. 4.54). Такт доения продолжительнее такта отдыха. Число пульсаций – 60 ударов в мин. Соотношение тактов – 71:29.

2. Доильные стаканы пульсируют попарно (2 + 2) с интервалом  $180^\circ$ . Такт сосания продолжительнее такта отдыха (рис. 4.55). Число пульсаций – 60 ударов в мин. Соотношение тактов – 71:29.

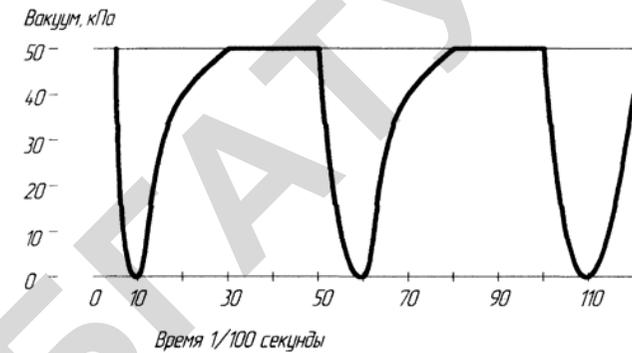


Рис. 4.54. Пульсационная кривая одновременного доения сосков

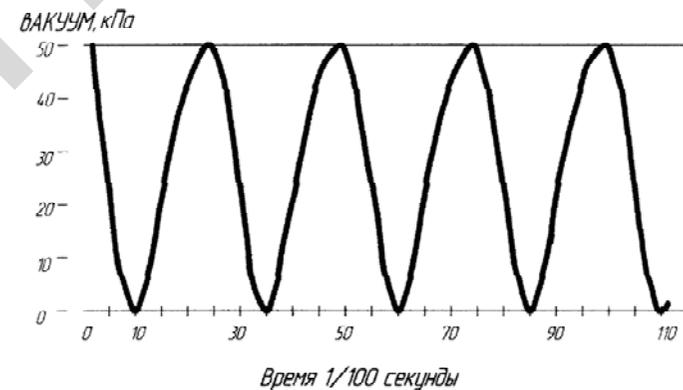


Рис. 4.55. Пульсационная кривая парного доения сосков

3. Доильные стаканы пульсируют попарно (2 + 2). Продолжительность тактов сосания и отдыха примерно равна (рис. 4.56). Соотношение тактов – 54:46.

Увеличение или снижение фаз  $\tau_a$  и  $\tau_c$  определяют такие факторы, как величина воздушного потока, внутренние диаметры и длина вакуумных трубок, гидравлические сопротивления в пульсаторе и его соединения. Например, фазы открытия и смыкания сосковой резины при попарном доении сосков (рис. 4.57) увеличиваются при использовании одного и того же пульсатора и лишь одного из вакуумных шлангов для одновременного доения сосков (пунктирная линия).

Таблица 4.8

Продолжительность фаз при различных типах доения, %

Наименование фаз	Одновременное доение (60 пульс/мин, соотношение тактов – 71:29)	Попарное доение (60 пульс/мин, соотношение тактов – 71:29)	Попарное доение (40 пульс/мин, соотношение тактов – 54:46)
Увеличение вакуумметрического давления $\tau_a$	23	13	13
Вакуумная $\tau_b$	48	58	41
Снижение вакуумметрического давления $\tau_c$	16	9	22
Атмосферная $\tau_d$	13	20	24

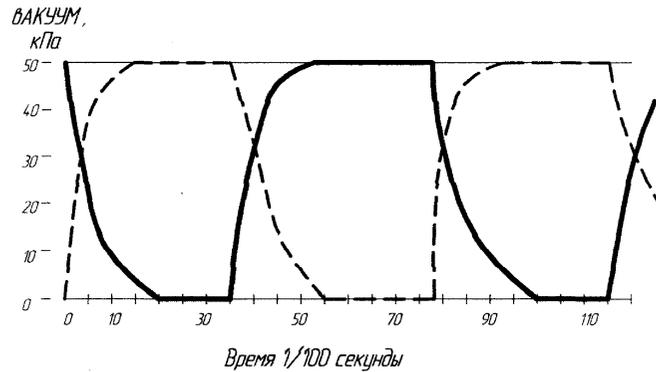


Рис. 4.56. Пульсационная кривая парного доения сосков и равного соотношения тактов

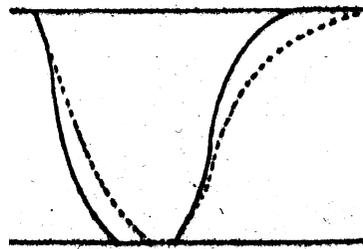


Рис. 4.57. Фазы открытия и смыкания сосковой резины для попарного и одновременного доения сосков одним и тем же пульсатором

Продолжительность фазы увеличивающегося вакуумметрического давления примерно на 45 % превышает длительность фазы смыкания сосковой резины. Фаза установившегося вакуумметрического давления должна составлять как минимум 30 %. Практически наименьшее используемое значение этого параметра составляет 41 % (табл. 4.8). Общепринято, что минимальная продолжительность такта сосания должна составлять 50 %. Продолжительность атмосферной фазы должна быть менее 15 %.

Изменение длительности фаз пульсации, соотношение тактов (сосание, сжатие) и частоты пульсаций пульсаторов, импульсного и статического вакуумметрического давления в технологических линиях доильной установки может происходить скачкообразно или постепенно (рис. 4.58).

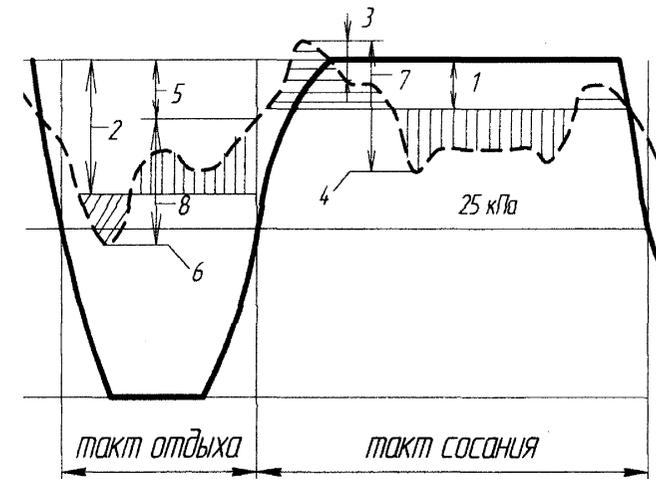


Рис. 4.58. Параметры пульсационного цикла:

1 – среднее падение вакуума в такте сосания; 2 – среднее падение вакуума в такте отдыха; 3 – максимальное изменение вакуума в такте сосания (по отношению к номинальному значению); 4 – минимальное изменение вакуума в такте сосания (по отношению к номинальному значению); 5 – максимальное изменение вакуума в такте сжатия (по отношению к номинальному значению); 6 – минимальное изменение вакуума в такте сжатия (по отношению к номинальному значению); 7 – колебание вакуума в такте сосания; 8 – колебание вакуума в такте сжатия

Основным параметром работы пульсатора является частота пульсаций. При частоте пульсаций ниже допустимой уменьшается продолжительность такта сжатия, а выше допустимой – неполное сжатие и раскрытие сосковой резины. В том и другом случаях увеличивается продолжительность доения. Эффективная дойка коровы обеспечивается постоянством частоты пульсации. Нормативная частота пульсаций определяется температурой окружающей среды и рабочим вакуумметрическим давлением (рис. 4.59). Номинальная частота пульсаций пульсатора соответствует температуре воздуха +20 °С.

На частоту пульсаций влияет также давление (кПа) (рис. 4.60).

Пульсатор с мембраной длительного срока использования характеризуется меньшим временем такта сосания (рис. 4.61).

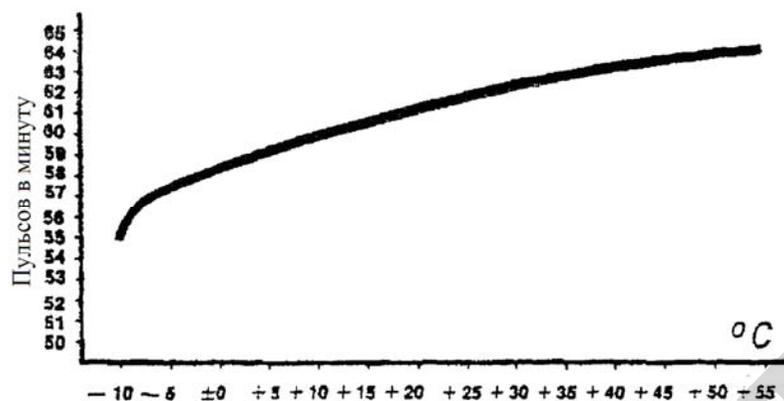


Рис. 4.59. График влияния температуры на частоту пульсации пульсатора

Сосковая резина ежедневно совершает около 30 тыс. пульсаций. Физико-механические свойства и конструктивные параметры ее изменяются. Резина удлиняется, значительно уменьшается прочность на разрыв, ухудшается упругость. Оптимальное натяжение сосковой резины в стакане должно находиться в пределах 50–60 Н. Молочный патрубок сосковой резины (через 10 дней эксплуатации) следует протягивать до очередного выступа, а после окончания доения ослаблять. На первом кольцевом углублении сосковая резина работает 2 месяца, на втором и третьем, соответственно, – по 2 месяца. После шести месяцев эксплуатации сосковую резину заменяют новой.

Пренебрежение этим требованием нарушает равномерность выдаивания и снижает продуктивность коров. При недостаточном натяжении сосковой резины вакуум во время такта сосания действует не на кончик соска животного, а на значительную его часть, что приводит к травмированию кровеносных сосудов соска. Жесткая сосковая резина способствует перекрытию доильными стаканами сосков вымени. Молокоотдача коров снижается, а время доения увеличивается. Смыкание упругой сосковой резины происходит в центральной части, а по краям остаются просветы. Постоянное воздействие вакуума исключает отдых сосковой резины и восстановление кровообращения, способствует перетеканию молока между молочными цистернами сосков коровы. Этот фактор увеличивает продолжительность доения коров и вызывает маститные заболевания. Заболеванию коров маститами в большой степени способствует также неодинаковое натяжение сосковой резины в разных стаканах одного и того же доильного аппарата.

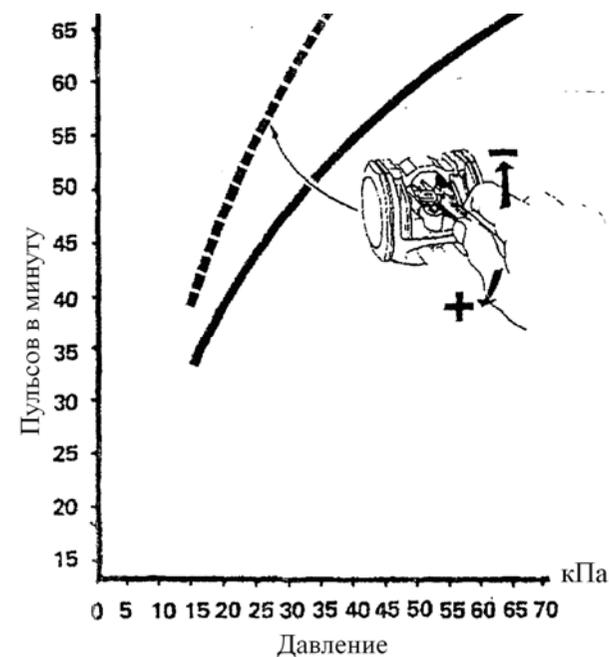


Рис. 4.60. График влияния давления на частоту пульсации пульсатора

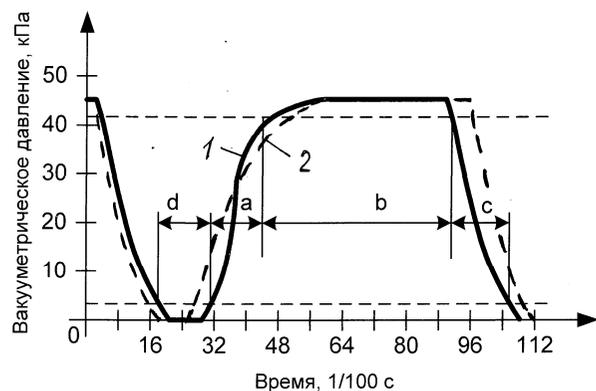


Рис. 4.61. Пульсационная кривая пульсаторов: мембраны: 1 – новая; 2 – старая

Падение вакуума в подсосковом пространстве по отношению к вакууму в межстенном пространстве вызывает радиальное расширение сосковой резины (эффект «баллонизации») и сопутствующее ему растяжение тканей соска, что вызывает болевую травму молочной железы. При более высоком вакууме в подсосковом пространстве такт сжатия сосковой резины происходит с ударом (хлопком) на сосок и вызывает болевые ощущения у животного. Это приводит к постепенному ороговению соска и появлению на его поверхности трещин. Кроме того, при ударе сосковой резины по соску значительная часть молока из соска выдавливается в вымя, что снижает молокоотдачу, приводит к заболеванию вымени. Наибольшую скорость молоковыведения имеют доильные аппараты, в которых пульсаторы осуществляют переход от сосания к сжатию в течение 0,125 с, а переход от сжатия к сосанию – за 0,06 с. При этом фаза установившегося вакуумметрического давления при сосании – 40 %, при сжатии – 20 %.

Отказы при пользовании доильных роботов типа ASTRONAUT A4 происходят, как правило, вследствие загрязнения определителя локализации сосков. Во всех доильных роботах применяется двойная система локализации сосков: приближенная и точная. Главную роль в них выполняют компьютерные системы, в которых данные о геометрическом расположении сосков сохраняются и после каждой дойки анализируются. Применяются различные устройства для локализации:

лазерные измерители, механические измерители положения, цифровые камеры, а также оптические и ультразвуковые устройства. В доильных роботах применяются два способа надевания доильных стаканов. В первом случае манипулятор передвигается под вымя. Тогда расстояние от манипулятора до сосков уменьшается. Другое решение – манипулятор надевает доильные стаканы, каждый раз забирая их по одному из камеры для промывки, находящейся на расстоянии около 1 м. Неправильно или плохо развитое вымя и искривленные соски приводят к тому, что устройство не сможет надеть доильные стаканы на соски, хотя некоторые доильные роботы могут надевать их на соски с отклонением даже 45°. Оптимальные параметры расположения сосков представлены на рис. 4.62 и в табл. 4.9.

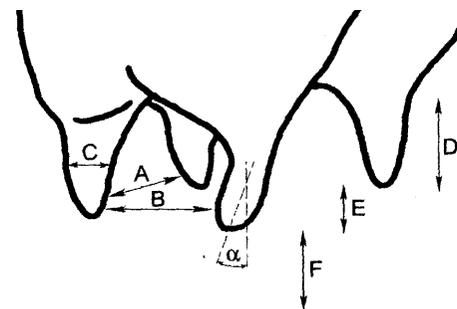


Рис. 4.62. Геометрическая характеристика вымени

Таблица 4.9

Значения параметров вымени для доильного робота

Обозначение	Определение	Значение
A	Расстояние между правыми и левыми сосками	min 3 см
B	Расстояние между передними и задними сосками	min 7 см
C	Диаметр сосков	1,5–3,5 см
D	Длина сосков	min 3 см
E	Отклонение расположения концов сосков относительно общей плоскости	min 3 см
F	Расстояние концов сосков от пола	min 33 см
α	Угол отклонения сосков, градусов	max 33°

Если поток молока в одном из доильных стаканов и двойных трубках роботизированного блока отсутствует, а четверть вымени полна, возможно, в системе есть утечка, или система пульсации не работает надлежащим образом. Необходимо убедиться, во-первых, в том, что вкладыши доильных стаканов не повреждены. Во-вторых, необходимо убедиться в том, что двойные трубки не протекают (рис. 4.63). Одновременно следует провести проверку центрирования стаканов, гильз и шнуров.

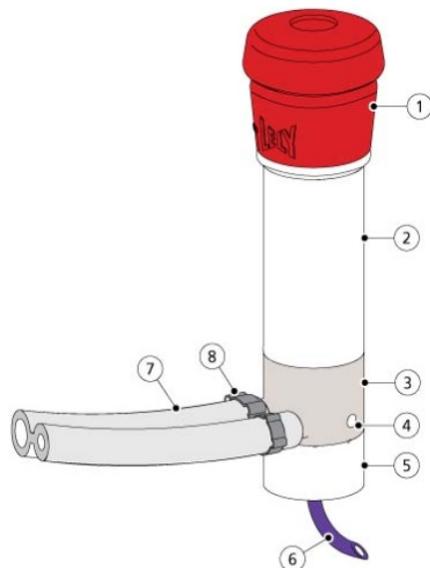


Рис. 4.63. Диагностируемые детали доильного стакана роботизированного блока:  
1 – вкладыш доильного стакана; 2 – гильза доильного стакана; 3 – стакан молочного коллектора; 4 – выпускное отверстие; 5 – центрирующий стакан; 6 – шнур стакана; 7 – двойная трубка; 8 – зажим

Тестирование доильных аппаратов должно сопровождаться проверкой правильности сборки пульсаторов и коллекторов. Например, следует учитывать, что канал низкочастотного (1 Гц) блока вибрационного пульсатора имеет меньшее сечение и большую длину. Сборка пульсаторов без учета различия управляющих камер может привести к тому, что на одном пульсаторе окажутся два высокочастотных или низкочастотных блока или же просто блоки поменяются местами (рис. 4.64).

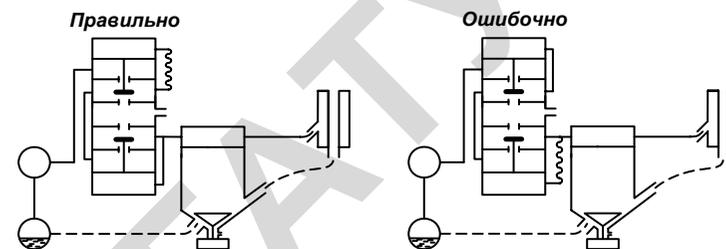


Рис. 4.64. Варианты комплектации вибропульсаторных доильных аппаратов

Кроме того, работоспособность доильных аппаратов зависит также от коллекторов. На нижней торцевой поверхности крышки коллектора доильного аппарата основного исполнения имеется проточка, через которую непрерывно во время доения поступает в коллектор воздух (рис. 4.65), способствуя удалению молока из коллектора в молочный трубопровод.

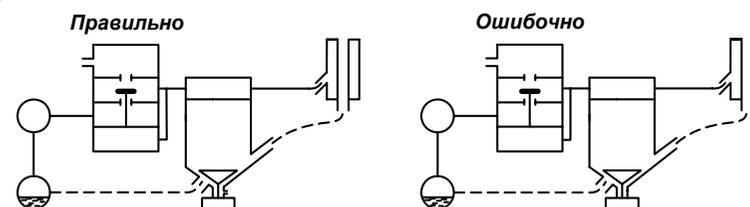


Рис. 4.65. Варианты комплектации доильных аппаратов основного исполнения

В коллекторе низковакуумного доильного аппарата функцию напуска воздуха (в такте сжатия) выполняет клапанное устройство. Поэтому в низковакуумных доильных аппаратах нижняя крышка не имеет проточки под седлом клапана (рис. 4.66).

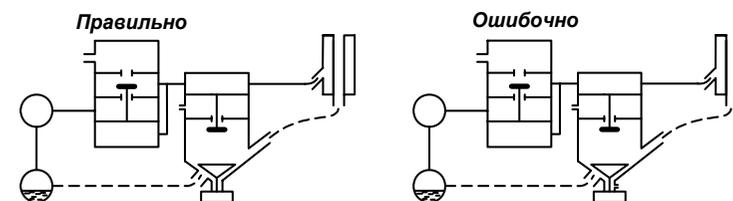


Рис. 4.66. Варианты комплектации низковакуумных доильных аппаратов

Невнимательность при установке нижних крышек коллекторов приводит к тому, что они могут оказаться на разных доильных аппаратах. В доильных аппаратах основного исполнения такое положение переполняет молочный шланг молоком, деблокирует соски вымени для обмыва их молоком, находящимся в коллекторе. Величина вакуума под соском снижается на величину, соответствующую гидростатическому давлению молочного столба (один метр жидкости снижает давление на 10 кПа). Дополнительный же напуск воздуха в коллектор низковакуумного доильного аппарата через проточку увеличивает давление под соском вымени коровы. Снижение гидростатического давления пропорционально соотношению смеси молока и воздуха, т. е. уменьшается пропорционально количеству напускаемого воздуха. Напуск воздуха только в верхней части низковакуумного коллектора уменьшает колебания вакуума на 0,5 кПа по сравнению с коллектором доильного аппарата основного исполнения.

### 4.3. Техническое обслуживание доильных установок

#### 4.3.1. Техническое обслуживание вакуумных насосов

Операции технического обслуживания вакуумных насосов являются обязательными профилактическими мероприятиями. Сюда входят работы по периодической очистке, регулировке и смазке узлов вакуумного насоса, имеющие целью предупредить преждевременные износы и обеспечить их работоспособное состояние.

При периодическом техническом обслуживании роботизированных блоков (раз в полгода) производится очистка внешней поверхности вакуумного насоса в центральном блоке (рис. 4.67). Один раз в 3 месяца контролируется уровень масла в вакуумном насосе с леминискатными профилями роторов.

Смолистые осадки на вращающихся деталях пластинчатых вакуумных насосов затвердевают и склеивают их. Пуск такого насоса требует предварительного его разогрева или очистки деталей от этих осадков. Такой насос промывают в течение двух часов погружением в дизельное топливо, периодически проворачивая ротор вручную, или разбирают его и заменяют пластины.

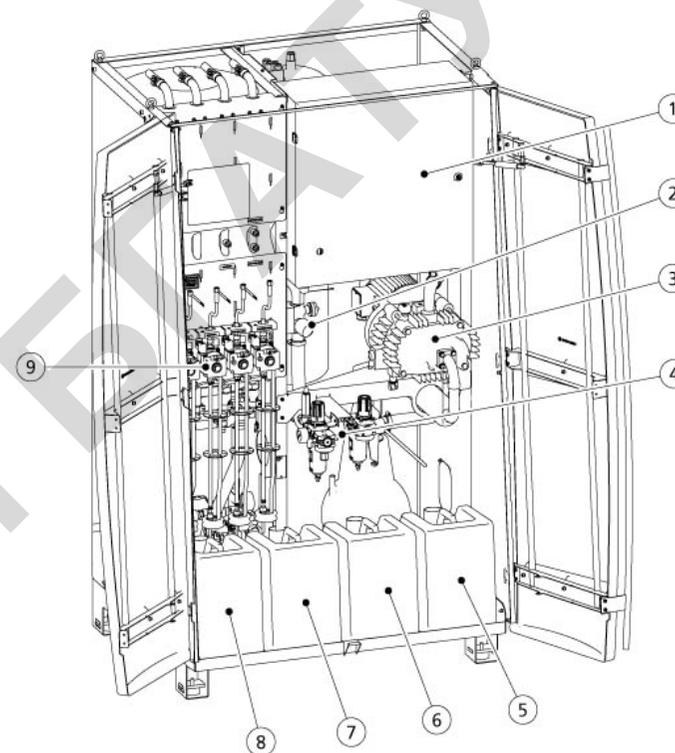


Рис. 4.67. Обслуживаемые узлы центрального блока доильного робота:  
1 – пульт управления; 2 – вакуумметр; 3 – вакуумный насос; 4 – воздушный трубопровод; 5–8 – канистры с моюще-дезинфицирующими веществами; 9 – блок

Часовой расход масла должен составлять: для установки производительностью 45 м<sup>3</sup>/ч – 11–18 г, для установки производительностью 60 м<sup>3</sup>/ч – 15–24 г. Одно деление шкалы корпуса соответствует в среднем 20 г. Уменьшение числа ниток и удлинение трубки снижают расход масла. В зависимости от марки применяемого масла и условий эксплуатации расход его определяется количеством нитей в фитиле или высотой уровня масла в корпусе масленки, который должен находиться в пределах 13–18 мм. Масло вытекает в корпус до тех пор, пока его уровень не достигнет верхней части клинообразного выреза трубки. Наполняют масленку маслом до конической части (рис. 4.68).

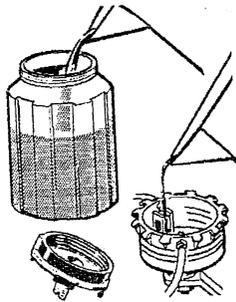


Рис. 4.68. Заправка масленки

Отработанное масло содержит грязь и примеси и не должно использоваться повторно. Предварительная регулировка расхода масла производится установкой трубки уровня для получения значения  $A = 12 \text{ мм}$  (рис. 4.69). Благодаря этому подача масла не будет слишком слабой, что могло бы повредить насос. Излишек масла даже необходим, если насос новый, однако в этом случае увеличивается его расход.

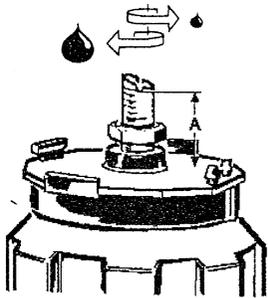


Рис. 4.69. Схема регулировки расхода масла

Точную регулировку осуществляют отметкой уровня масла в масленке клейкой лентой. Следят за полезным рабочим временем насоса. После 10 ч работы (чем дольше работает насос, тем выше точность) измеряют величину падения уровня масла в масленке (показания сверяют по таблице). Если подача масла не соответствует норме, регулируют трубку уровня. Один поворот передвигает трубку на 1 мм и соответствует приблизительно 5 мл/час (рис. 4.70). Через

короткую трубку подача масла большая, а через длинную – меньшая. Измеряют величину падения уровня масла за новый период времени. Повторяют процедуру, пока подача масла не будет соответствовать нормам.

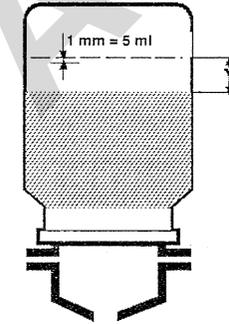


Рис. 4.70. Эквивалент часового расхода масла

В схеме смазки с дроссельным отверстием расход масла изменяют положением иглы 3 из бака, охватывающего концентрично всасывающую трубу (рис. 4.71).

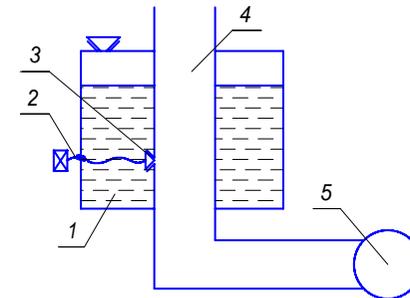


Рис. 4.71. Схемы дроссельного подвода смазочного масла:  
1 – емкость масляная; 2 – винт; 3 – игла; 4 – трубопровод; 5 – насос

Контроль расхода масла (рис. 4.72) производится по шкале 4. Нормальный расход масла составляет 5–8 г/ч, что дает понижение уровня по шкале на 1–2 деления. В верхней части бака для заливки масла имеется пробка с шариковым клапаном 5. Через этот клапан в бак проникает воздух по мере понижения уровня масла. Благодаря действию пружины давление воздуха над поверхностью масла в баке

ниже атмосферного, но выше давления во всасывающей трубе. Помимо этого следует ежедневно один раз вытягивать иглу рукой, чтобы временно увеличивать зазор для поступления масла, компенсируя возможный недостаток смазки. Шаровой клапан, через который поступает воздух в бак со смазкой, нужно ежедневно очищать от грязи.

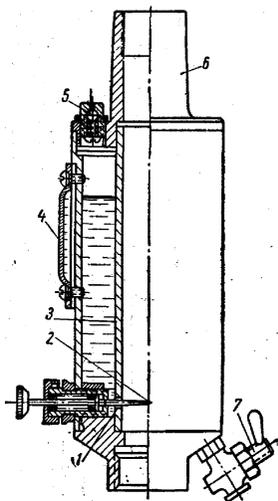


Рис. 4.72. Гидростатическая масленка:

1 – отверстие; 2 – игла регулирования подачи масла; 3 – труба вакуум-насоса; 4 – прозрачная шкала; 5 – шариковый клапан; 6 – патрубок; 7 – сливной кран

При работе ряда конструкций вакуумных насосов масло подсаживается из масляного колпака (рис. 4.73) через игольчатый регулируемый вентиль и распыляется. Масляный колпак такой масленки периодически промывают и очищают от грязи.

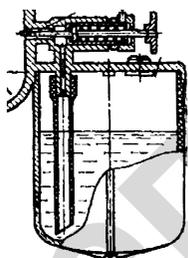


Рис. 4.73. Вакуумная масленка

Подшипники таких вакуумных насосов (рис. 4.74) смазываются один раз в 3 месяца универсальной тугоплавкой смазкой с помощью колпачковых масленок.

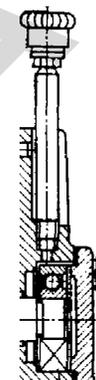


Рис. 4.74. Колпачковая масленка

Поток масла мембранно-клапанном механизмом (рис. 4.75) регулируется диафрагмой, соединенной со штоком клапана, который блокирует отверстие прозрачной камеры с помощью пружины и штока клапана. В схеме смазки с мембранно-клапанном механизмом расход масла наименьший и составляет для пластинчатого насоса производительностью 60 м<sup>3</sup>/ч около 10 г в час.

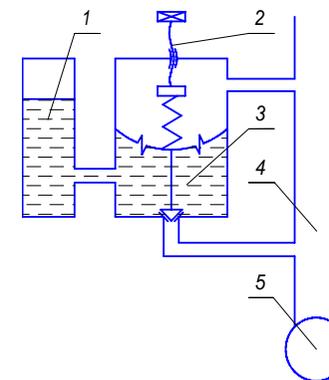


Рис. 4.75. Мембранно-клапанная схема смазки:  
1 – емкость масляная; 2 – винт; 3 – клапанное устройство;  
4 – трубопровод; 5 – насос

Смазка шарикоподшипников водокольцевых вакуумных насосов осуществляется 3–4 раза в год солидолом. Один раз в год рекомендуется производить смену смазки. Ориентировочно дополнение смазки в подшипники следует производить через каждые 1500 ч работы. Максимально допустимая температура подшипников должна лишь на 20–30 °С превышать температуру окружающей среды. Первый профилактический осмотр насоса проводится через 2000–2500 ч его работы. Дальнейшая периодичность осмотров определяется состоянием поверхностей деталей и степенью загрязненности рабочих органов насоса – лобовин, корпуса, колеса.

#### 4.3.2. Техническое обслуживание молочно-вакуумных систем

Операции технического обслуживания молочно-вакуумных систем включают работы по очистке и регулировке узлов, чтобы устранить отказы, вызывающие изменение величины вакуумметрического давления в молочной и вакуумной линиях и колебания вакуума в них. Настройка вакуумного регулятора происходит за счет уменьшения или увеличения количества регулировочных шайб (рис. 4.76). Добавление количества шайб увеличивает вакуумметрическое давление, а снятие – уменьшает. Для грубой и точной регулировки имеются 10 больших и 5 малых регулировочных шайб.

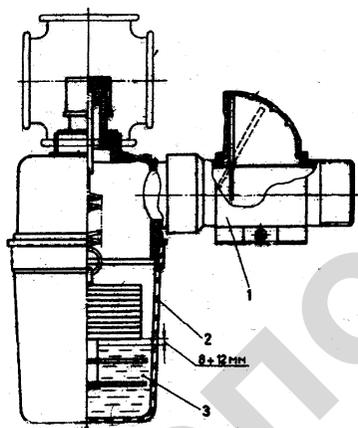


Рис. 4.76. Вакуумный регулятор:  
1 – индикатор; 2 – регулятор; 3 – дизельное масло

При необходимости корректировки вакуума в системе малогабаритной вакуумной установки резиновый колпачок с крышки вакуумного регулятора снимают и подтягивают или отпускают регулировочные гайки на стержне клапана (рис. 4.77). Навинчиванием гаек достигается повышение вакуума, отвинчиванием – его падение.

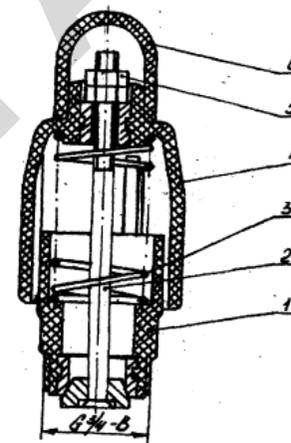


Рис. 4.77. Вакуумный регулятор пружинный:  
1 – корпус; 2 – клапан; 3 – пружина; 4 – стакан; 5 – гайка; 6 – колпачок

С помощью винта устанавливают требуемое вакуумметрическое давление в дифференциальном вакуумном регуляторе (рис. 4.78).

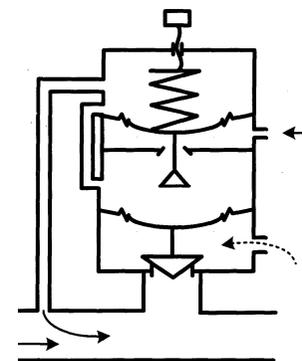


Рис. 4.78. Дифференциальный регулятор вакуума

Техническое обслуживание дифференциальных регуляторов вакуума требует замены фильтра 3 раз в год или после 1000 ч работы (рис. 4.79).

Протирают конус ветошью (рис. 4.80).

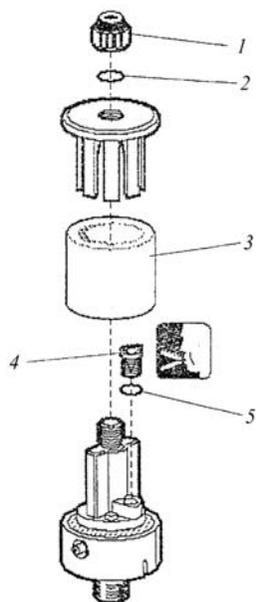


Рис. 4.79. Замена фильтра регуляторов:  
1 – гайка; 2, 5 – уплотнения; 3 – фильтр; 4 – втулка



Рис. 4.80. Очистка конуса регулятора

Перфорированный диск очищают щеткой или прочищают его сжатым воздухом (рис. 4.81).



Рис. 4.81. Очистка перфорированного диска регуляторов VRM и VRR

Промывают корпус (рис. 4.82). Если необходимо, заменяют уплотнения.

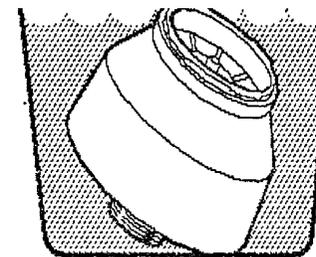


Рис. 4.82. Мойка корпуса (VRM и VRR) регуляторов

При ежедневном техническом обслуживании насосы 36МЦ6-12 и 36МЦ10-20 промывают. Для этого отсоединяют от насоса (рис. 4.83) присоединительную арматуру, снимают крышку, вынимают резиновое уплотнительное кольцо, отвинчивают конусную гайку, снимают с шейки наконечник и рабочее колесо. Все снятые детали и внутреннюю часть корпуса промывают раствором кальцинированной соды, а наружные части насоса протирают сухой ветошью. При ТО-1, кроме операций ЕТО, разбирают насос и заменяют изношенные детали.

Весовые счетчики молока на заводе предварительно градуируются с помощью двух упорных винтов для перекидных весов. Упорными винтами регулируют массу порции молока от 95 до 105 г за одно перекидывание (рис. 4.84).

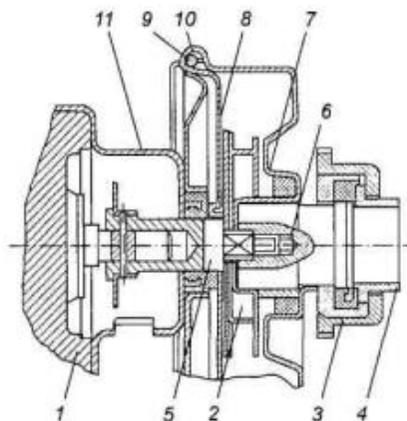


Рис. 4.83. Насос 36МЦ10-20 (36МЦ6-12):

1 – электродвигатель; 2 – колесо рабочее; 3 – гайка накидная; 4 – арматура соединительная; 5 – наконечник; 6 – конусная гайка; 7 – крышка; 8 – корпус; 9 – кольцо резиновое; 10 – кольцо зажимное; 11 – кронштейн

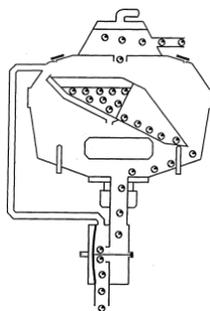


Рис. 4.84. Упорные винты весового счетчика

Чистоту калиброванного отверстия группового счетчика молока необходимо контролировать ежедневно. Разборка счетчика-дозатора с очисткой всех наслоений на поверхностях его деталей производится один раз в месяц. При разборке счетчика не рекомендуется ослаблять стяжной обруч корпуса во избежание нарушения регулировки. Один раз в год проверяют соответствие показаний счетчика фактическому количеству молока и при необходимости регулируют: ослабляют стяжной обруч корпуса и перемещают шланг откачки порции молока из мерной камеры с коллектором вдоль оси счетчика:

(вверх – при показании счетчика меньше фактического; вниз – при показании больше фактического). Перемещение шланга на 7 см изменяет показание счетчика на 1 %. Один раз в год проверяют точность показаний устройства зоотехнического учета молока (рис. 4.85).

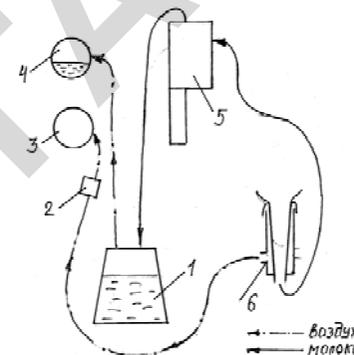


Рис. 4.85. Схема подключения счетчика молока:

1 – ведро доильное; 2 – пульсатор; 3, 4 – трубопроводы; 5 – счетчик; 6 – доильный стакан

Относительную погрешность измерений устройства определяют по формуле:

$$G = (X - X_1) \cdot 100 \% / X_1, \quad (4.17)$$

где  $X$  – показание устройства;

$X_1$  – фактическая масса удоя, кг.

Устройство работоспособное, если среднее значение трех измерений относительной погрешности не превышает 5 %.

### 4.3.3. Техническое обслуживание доильных аппаратов

Техническое обслуживание доильных аппаратов – это процесс устранения неисправностей, вызывающих изменение частоты пульсаций пульсаторов и соотношение их тактов, колебания вакуума под соском.

Например, молоко может двигаться вверх и вниз по молочной трубке доильного аппарата роботизированного блока. Это происходит

при закупорке выпускных отверстий в доильных стаканах. Необходимо прочистить (рис. 4.86) выпускное отверстие 2 каждого доильного стакана при помощи иглы 1 выпускного отверстия.

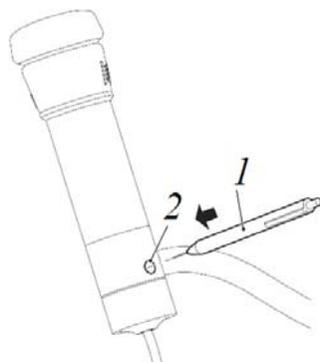


Рис. 4.86. Очистка выпускных отверстий:  
1 – игла; 2 – выпускное отверстие

В перечень операций ежедневного технического обслуживания входит очистка поверхности рычага, сенсорного экрана 8 сканера (рис. 4.87).

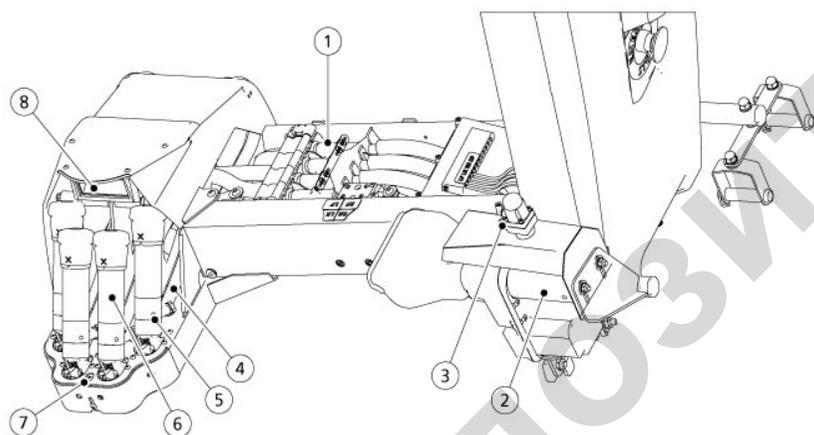


Рис. 4.87. Нижний рычаг:

1 – картридж с перекрывающимися гильзами; 2 – щетки; 3 – форсунка Astri-L для распыления; 4 – двойная трубка; 5 – выпускное отверстие; 6 – доильный стакан; 7 – форсунка для дезинфекции сосков; 8 – экран сканера

Ежедневно необходимо производить очистку области обзора камеры для трехмерной съемки (рис. 4.88).

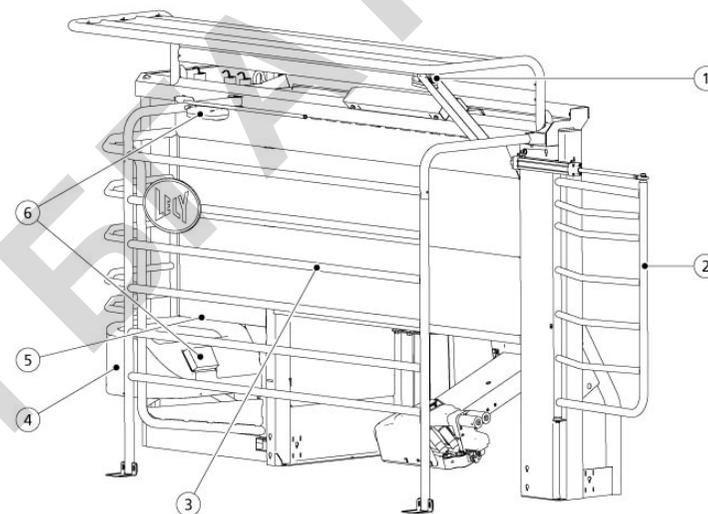


Рис. 4.88. Расположение камеры в роботизированном блоке:  
1 – камера для трехмерной съемки; 2 – входные ворота; 3 – бокс; 4 – бункер для кормов; 5 – устройство подачи корма; 6 – идентификационная антенна

Еженедельно производится калибровка порции корма, струи распыла из форсунки для дезинфекции сосков (рис. 4.89). Замена вкладышей доильных стаканов роботизированных блоков производится через 2 месяца эксплуатации. Один раз в год проверяется заземление доильного аппарата.

Пульсатор попарного доения (AERODYN) чистят и смазывают специальным маслом, не оказывающим вредного воздействия на диафрагмы, максимум один раз в 3 месяца. Его разбирают (рис. 4.90) и меняют фильтры 1. Очищают компоненты и корпус пульсатора сухой и чистой ветошью. Проверяют техническое состояние втулки 2 и каналов 3, а также шарниров 4. После сборки смазывают компоненты, отмеченные стрелками: все втулки (2 + 5), жесткий наконечник (из металлокерамического материала) держателя направляющего механизма 6; втулки рабочего стержня 7 и скользящие поверхности плеча механизма переключения 8. Если пульсатор случайно попал в раствор дезинфицирующего средства, его промывают и смазывают.

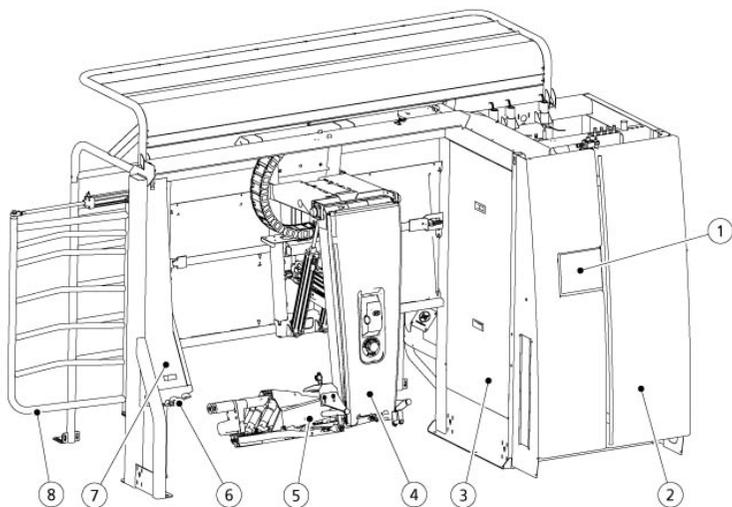


Рис. 4.89. Роботизированный блок:

1 – интерфейс; 2 – дверь; 3 – крышка пульта управления доильным аппаратом;  
4 – рычаг доильного аппарата; 5 – нижний рычаг; 6 – моечные установки  
с соплами; 7 – бокс моечной установки с соплами; 8 – входные ворота

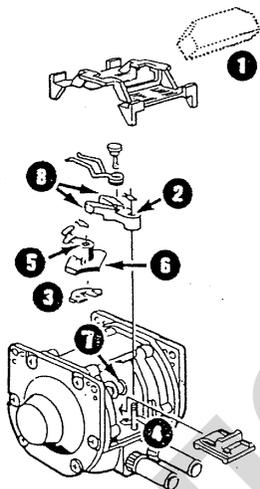


Рис. 4.90. Места смазки пульсатора:

1 – фильтры; 2, 5 – втулки; 3 – канал; 4 – шарнир;  
6 – наконечник; 7 – стержень; 8 – плечо

Перед регулировкой частоты пульсаций пульсатор НР102 необходимо промыть. Частоту пульсации (рис. 4.91) изменяют, поворачивая стержень пульсатора специальными плоскогубцами (вверх – уменьшают частоту, вниз – увеличивают частоту). Поворот стержня на  $40^\circ$  изменяет частоту от 1 до 15 пульсов в минуту.

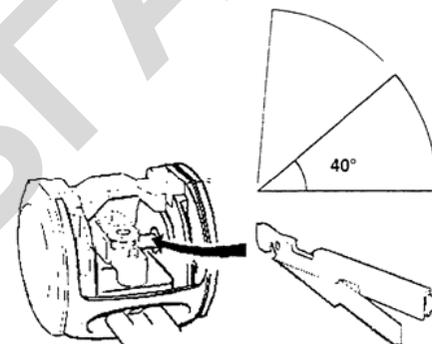


Рис. 4.91. Регулировка пульсатора НР102

Регулировку частоты пульсаций пульсатора AERODYN Exact выполняют отверткой (рис. 4.92), поворачивая игольчатый клапан: по часовой стрелке – для меньшей частоты пульсаций и против часовой стрелки – для большей частоты пульсаций. Поворот на  $90^\circ$  соответствует приблизительно трем тактам, если скорость приблизительно 60 пульсов в минуту, а уровень вакуума 50 кПа.

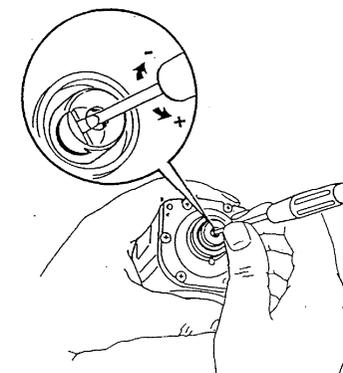


Рис. 4.92. Регулировка игольчатого клапана пульсатора

В пульсаторе гидравлическом под действием атмосферного давления жидкость перемещается из одной гидравлической камеры поршня в другую и наоборот, через отверстие, сечение которого может изменяться перемещением пластины, находящейся внутри поршня на стенке регулятора, в стороны обозначений («+» или «-»), маркированных на стенке мембраны поршня. Изменение пропускной способности отверстия используется для изменения частоты пульсации при настройке пульсатора и в случае изменения (уменьшения или увеличения) вакуумметрического давления в пределах от 40 до 53 кПа.

Регулировку частоты пульсаций электромагнитных пульсаторов парного доения, действующих от постоянного или переменного электрического тока напряжением 12 В (по требованию техники безопасности), осуществляют изменением частоты электрического тока, протекающего по обмотке электромагнита и втягивающего стерженек из ферромагнитного материала (рис. 4.93).

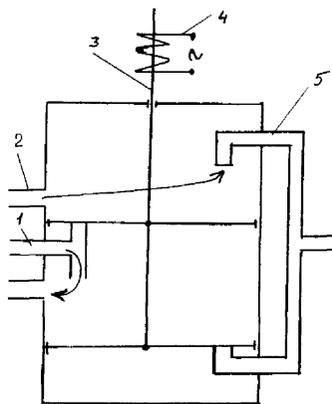


Рис. 4.93. Электромагнитный пульсатор парного доения четвертой вымени:  
1, 2, 5 – патрубки; 3 – механизм клапанный; 4 – электромагнит

Дезинфицируют и моют резиновые шланги доильных аппаратов циркуляционной промывкой или моющей жидкостью, подаваемой центробежным насосом. Качество мойки молочных путей определяют четыре фактора: температура моющей жидкости, концентрация моющих растворов, продолжительность мойки и интенсивность механического воздействия. Снижение величины любого из них требует усиления степени воздействия других факторов.

Молекулы веществ, из которых состоит моющее средство, более чем в два раза понижают поверхностное натяжение воды, что снижает сцепляемость частиц загрязнения между собой и с поверхностью. При механическом воздействии увлекаемые молекулами моющего средства грязевые частицы переходят в раствор (рис. 4.94), в результате чего образуется эмульсия, которую нетрудно удалить.

Мойка доильного оборудования включает 3 стадии: предварительное ополаскивание, основную промывку и ополаскивание (рис. 4.95).

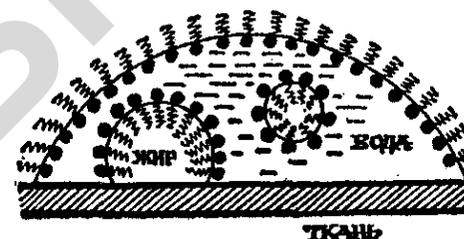


Рис. 4.94. Механизм действия моющих растворов

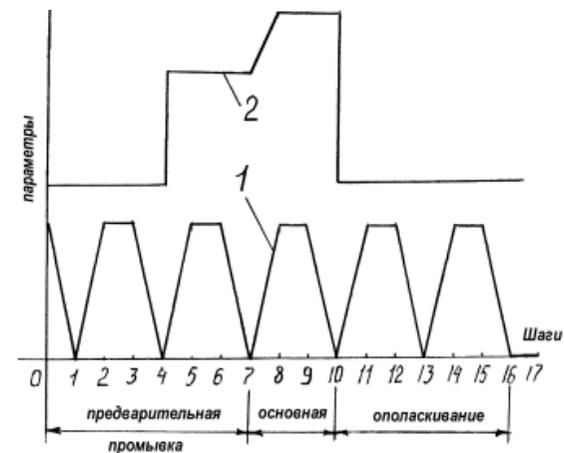


Рис. 4.95. Диаграмма промывки:  
1 – масса жидкости; 2 – температура

При предварительном ополаскивании после окончания дойки необходимо как можно скорее растворить и удалить белок. Ополаскивают все компоненты доильной установки (рис. 4.96) теплой

водой (40–50 °С). Минимальная температура моющей жидкости должна быть равной 40 °С в конце молочного трубопровода (моющие качества всех растворов ухудшаются ниже температуры 40 °С). Максимальная температура воды, применяемой для предварительного ополаскивания, должна быть меньше 60 °С. Нельзя промывать молокопроводящие пути элементов доильной установки горячей водой (кипятком). В этом случае жировые шарики разрушаются и покрывают тонкой пленкой внутреннюю поверхность молочных трубопроводов. Предварительное ополаскивание сопровождается сливом жидкости, однократно прошедшей по замкнутому молочному контуру.

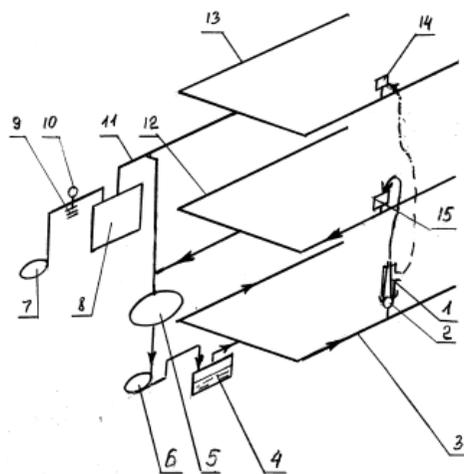


Рис. 4.96. Схема промывки доильных аппаратов:

1 – стакан доильный; 2 – головка моечная; 3, 11, 12, 13 – трубопроводы; 4 – автомат промывки; 5 – молокоприемник; 6 – насос молочный; 7 – насос; 8 – баллон; 9 – регулятор; 10 – вакуумметр; 14 – пульсатор; 15 – счетчик молока

Вещества, применяемые при основной промывке, – это щелочь и кислота. Щелочь смывает органические отложения (жир, белок). Кислота смывает неорганические отложения (железо, марганец, соли кальция). Если вода мягкая, то 3–5 раза промывают щелочным раствором и один раз кислотным раствором. Если вода жесткая (содержится много железа и солей кальция), то после каждой щелочной промывки необходимо применять кислотную промывку.

Нормальная концентрация – 0,5 % от объема воды. Это означает, что на 100 л воды потребуется 500 мл раствора. Кислоту и щелочь нельзя смешивать, потому что, например, при смешивании 17 г щелочно-кислотного раствора выделяется опасный для здоровья объем хлора. Нельзя смешивать также вещества (кислоту, щелочь) свежие и исчерпавшие допустимый срок хранения. Моющие средства не следует хранить при низких отрицательных температурах воздуха более шести месяцев. Цель ополаскивания всех компонентов молочных путей холодной водой после основной мойки – удаление остатков моющих средств.

#### 4.4. Ремонт вакуумных насосов

Текущий ремонт вакуумных насосов выполняют для обеспечения или восстановления его работоспособности. Он состоит в разборке насоса, замене и (или) восстановлении его отдельных составных частей – пластин, подшипников, роторов. Капитальный ремонт насосов выполняют для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) возобновления ресурса с заменой или восстановлением любых его составных частей, включая базовые.

Пластинчатые вакуумные насосы со снятыми фланцами и вывернутыми болтами крепления боковых крышек разбирают на стендах типа 8731 (рис. 4.97). Для этого их устанавливают на поворотный стол выступающим концом вала ротора к штоку гидроцилиндра и закрепляют винтом, регулируя соосность насоса с упором штока гидроцилиндра с помощью компенсаторов. Штоком цилиндра выпрессовывают вал ротора из передней крышки. Одновременно под давлением торцевой поверхности ротора задняя крышка сходит с установочных штифтов. Установочные штифты выталкивают из корпуса, стол поворачивают на 180° и цилиндром выпрессовывают вал из задней крышки. Для выпрессовки подшипников из крышек используют упор и комплект оправок. При разборке вакуумных насосов УВБ02.000 на поворотный стол стенда устанавливают специальную площадку. Так как при разборке этих насосов их подшипники остаются на валу ротора, то их спрессовывают с него с помощью полуколец, которые надевают на шейку вала между подшипником и торцевой поверхностью ротора поочередно с каждой стороны вала.

Потребность ремонта пластинчатых вакуумных насосов на специализированном ремонтном предприятии обуславливается тем, что, несмотря на кажущуюся простоту конструкции (корпус, ротор, четыре текстолитовые лопатки и боковые крышки), вакуумный насос требует высокой точности обработки деталей (табл. 4.10).

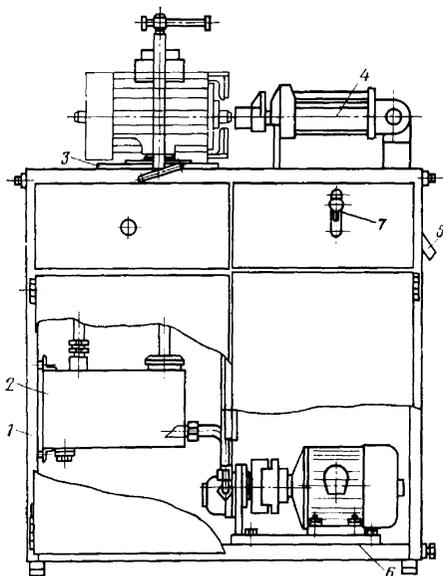


Рис. 4.97. Гидравлический стенд для разборки вакуумных насосов:  
1 – стол; 2 – масляный бак; 3 – стол поворотный; 4 – гидроцилиндр;  
5 – выключатель; 6 – гидронасосная станция; 7 – рукоятка

Таблица 4.10

Основные дефекты вакуумного насоса

Наименование дефекта	Размеры		Средства диагностики
	по чертежу	допустим без ремонта (менее)	
Износ поверхности под шарикоподшипник	$72^{+0,042}_{+0,012}$	72,06	Нутромер индикаторный НИ-50-100-1 ГОСТ 868–82
Износ по диаметру рабочей поверхности корпуса	$146^{+0,08}$	149,23	НИ-100-160-1 ГОСТ 868–82

Наименование дефекта	Размеры		Средства диагностики
	по чертежу	допустим без ремонта (менее)	
Конусность и овальность внутренней поверхности корпуса	0,05	0,07	НИ-100-160-1 ГОСТ 868–82
Износ торцовых поверхностей ротора	$215^{-0,1}_{-0,16}$	212,82	Микрометр МК 200-225 ГОСТ 6507–90
Износ посадочной поверхности вала ротора под шкив	$28_{-0,045}$	27,95	МК 200-225 ГОСТ 6507–90
Износ посадочной поверхности вала ротора под подшипник	$30^{+0,017}_{+0,02}$	29,95	МК 200-225 ГОСТ 6507–90
Износ шпоночной канавки	$8^{-0,015}_{-0,051}$	8,1	Калибр-пробка 8154-0206Д9 ГОСТ 24968–81
Износ стенок пазов ротора	$6^{+0,16}$	6,2	Калибр-пробка 8154-0205Д9 ГОСТ 24968–81
Износ рабочей поверхности корпуса	$215^{-0,10}_{-0,16}$	212,82	Микрометр МК 200-225 ГОСТ 6507–90
Износ торцовых поверхностей	$215^{-0,1}_{-0,16}$	214,82	То же
Износ боковых поверхностей лопатки	$6^{-0,1}_{-0,2}$	5,5	МР 0-25 ГОСТ 4381–68
Износ рабочей поверхности лопатки по ширине	52	50	Штангенциркуль ШЦ-1-125-01 ГОСТ 166–89

При износе торцов ротора вакуумных насосов их необходимо перешлифовывать на один из имеющихся ремонтных размеров. При местном износе внутренней поверхности корпуса, особенно около окон, его растачивают и хонингуют на один из шести ремонтных размеров. Шлифование крышек и торцовых поверхностей ротора при ремонте вакуумного насоса также требует механической

обработки текстолитовых лопаток – фрезерования и шлифования под необходимый ремонтный размер по длине, ширине и толщине с соблюдением перпендикулярности. Основной неисправностью вакуумных насосов является падение производительности из-за износа рабочих поверхностей цилиндра. Шлифовка цилиндров возможна с помощью приспособления, показанного на рис. 4.98. Оно представляет собой поводок 1, имеющий отверстия для пружин и штифтов. На поводок устанавливаются две половины деревянных накладок, которые имеют пазы и углубления для пружин и штифтов. Деревянные накладки оборачивают наждачной бумагой, края которой вставляют в прорези. Поводок конусной частью вставляется в шпиндель, а цилиндр крепится на столе сверлильного станка, где и производится шлифовка.

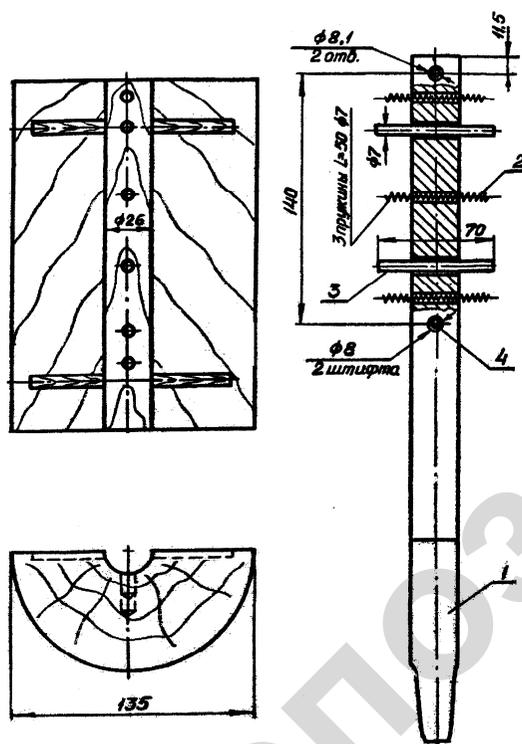


Рис. 4.98. Приспособление для шлифовки цилиндра насоса:  
1 – поводок; 2 – пружина; 3 – штифт длиной 50 мм; 4 – штифт длиной 115 мм

Физико-механические свойства материала пластин можно улучшить соответствующей термической обработкой, которую рекомендуется выполнять в определенной последовательности. Сначала выбирают текстолит и распиливают лист на заготовки. Текстолитовый лист должен иметь толщину на 0,5–1,0 мм больше ширины паза в роторе. На нем не должно быть изгибов, выпуклостей и неровностей. Пластины размечают с учетом усадки по длине и ширине и припуска на механическую обработку и распиливание. Режут лист на заготовки циркулярной пилой, гильотинными ножницами или ножовкой.

Затем проводят термическую обработку в специальной ванне с ячейками для вертикального расположения заготовок по высоте. Заготовки укладывают в ячейки пакетом и заливают машинным маслом, которое в течение 1,5 ч постепенно нагревают до температуры 120 °С. Заготовки выдерживают в масле из расчета 13–20 мин на 1 мм ее толщины. Общее время термической обработки пластин при этой температуре составляет 2–4 ч. Далее пластины охлаждают вместе с маслом до температуры 30–50 °С, вынимают и очищают от остатков масла. Извлекать пластины раньше времени не рекомендуется, так как текстолит может выпучиться или расслоиться. Чтобы избежать коробления пластин при дальнейшем охлаждении, их кладут под пресс. После термической обработки плоские стороны заготовки можно обрабатывать на фрезерном станке в специальном приспособлении или фрезеровать в параллельных тисках с мелкими зубцами-шпорами.

Наиболее простым, достаточно надежным и производительным является способ шлифования текстолитовых пластин на плоскошлифовальном станке с электромагнитным столом. Чтобы предупредить горение текстолита и не допустить рассеивания пыли, пластины надо шлифовать с применением эмульсии. Пластины укладывают на столе параллельно и фиксируют со всех сторон упорными стальными пластинками, толщина которых должна быть меньше, чем текстолитовых, на 1–2 мм. Подобное крепление пластин надежно и позволяет шлифовать одновременно несколько пластин, используя для этого автоматическую подачу стола.

После фрезерования или шлифования плоскостей приступают к фрезерованию торцов пластины. Для ускорения обработки одновременно фрезеруют несколько пластин, сложив их в виде пакета. При фрезеровании торцов пластин необходимо строго соблюдать

перпендикулярность их сторон, особенно тех, которые обращены к боковым крышкам насоса и образующей цилиндра. Несоблюдение перпендикулярности может привести к перекосу и заеданию пластин в пазах ротора или заземлению их между боковыми крышками. При износе торцов ротора вакуумного насоса их необходимо перешлифовать на один из имеющихся ремонтных размеров.

При местном износе внутренней поверхности корпуса, особенно около окон, его растачивают и хонингуют на один из шести ремонтных размеров. Шлифование крышек и торцовых поверхностей ротора при ремонте вакуумного насоса также требует механической обработки текстолитовых лопаток – фрезерования и шлифования под необходимый ремонтный размер по длине, ширине и толщине с соблюдением перпендикулярности.

Собирают насос с соблюдением чистоты и проверкой зазоров, указанных в табл. 4.11.

Зазоры ротационного насоса

Таблица 4.11

Место зазора	Название	Величина, мм	Средство
Радиальный зазор между ротором и корпусом в нижней части	Радиальный	0,18–0,20	Призонные штифты и крышки цилиндра
Суммарный осевой зазор между бортами внутренних колец и роликами подшипника при закрепленных наружных крышках	Тепловой	0,5–0,6	Прокладки между цилиндром и его крышками
Минимальный осевой зазор между ротором и крышкой цилиндра со стороны сальника	Гарантийный	0,1–0,12	Дистанционные кольца между ротором и внутренним кольцом роликоподшипника
Минимальный осевой зазор между ротором и крышкой цилиндра со стороны глухой крышки	Гарантийный	0,1–0,12	Прокладки под крышку подшипника
Разность длины ротора и пластин (пластины короче ротора)		0,7–1,2	

Роторы вакуумных насосов фиксируют от осевых смещений с помощью фиксирующих и плавающих опор. Фиксирующие опоры, воспринимая радиальную и осевую нагрузки, ограничивают осевое перемещение вала в одном или в обоих направлениях. Радиальные подшипники плавающих опор насоса, воспринимая только радиальную нагрузку, допускают осевое перемещение вала в любом направлении. Суммарный зазор между ротором (или пластиной) длиной  $L$  и обеими крышками цилиндра равен:

$$\delta_c = \delta_\phi + \delta_n = \frac{2}{3} \alpha L (t_{ад} + t_0) + 2f, \quad (4.18)$$

где  $\delta_\phi$  – зазор у фиксированного подшипника, мм.

Зазор на стороне подшипника с возможным осевым смещением

$$\delta_\pi = 0,8\delta_c. \quad (4.19)$$

Зазор между ротором радиуса и стенкой цилиндра

$$\delta_r = \frac{2}{3} \alpha r (t_{ад} + t_0) + 2f, \quad (4.20)$$

где  $\alpha$  – коэффициент температурного расширения;

$t_{ад}$  – температура газа в конце адиабатического сжатия, °С;

$t_0$  – температура всасываемого газа, °С;

$f$  – толщина масляной пленки (0,1–0,2 мм).

Падение вакуума вакуумного насоса может вызвать перекося подшипников. В этом случае нарушаются зазоры между ротором и крышками насоса. Ротор, задевая торцовой частью крышки, образует на них задиры. Они способствуют перетеканию сжатого воздуха из полости нагнетания во всасывающую полость. В процессе монтажа подшипник имеет так называемый начальный зазор, а после установки подшипника в узле – посадочный зазор и, наконец, в процессе эксплуатации – рабочий зазор. Рабочий зазор в радиально-упорных и упорных подшипниках должен быть такой, чтобы: 1) осуществлялось легкое вращение вала, 2) при температурном удлинении

вала не защемлялись тела качения. Большой радиальный зазор в подшипнике усиливает неравномерность распределения радиальной нагрузки между шариками или роликами. Если же перекося подшипников отсутствует, но нарушен боковой зазор между торцами ротора и крышками вакуум-насоса, то следует отрегулировать величину торцового зазора с помощью прокладок (рис. 4.99).

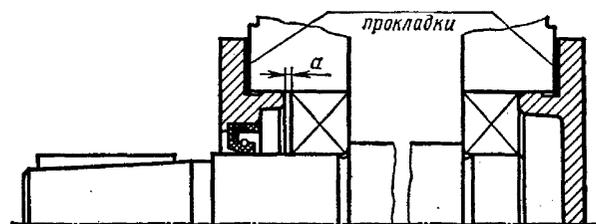


Рис. 4.99. Способ регулировки торцового зазора прокладками

Частичную сборку вакуумных насосов осуществляют на этих же стендах. От полной сборки она отличается тем, что насос не штифтуется и болты крепления боковых крышек не доворачивают на 2–3 оборота. Установку радиального зазора между ротором и корпусом вакуумного насоса, штифтовку боковых крышек и окончательную сборку насоса проводят на стенде ОР-9023 (рис. 4.100). На стол стенда (в зависимости от типа собираемого насоса) ставят необходимое оборудование, в котором закрепляют насос. На его корпусе монтируют индикаторное приспособление. С помощью винтов крышки совместно с ротором поднимают относительно корпуса так, чтобы зазор составлял 0,04–0,11 мм. Зазор контролируют индикаторами часового типа. Ротор насоса поворачивают рукой, зажимают все болты на обеих крышках насоса. С корпуса снимают индикаторное приспособление и с помощью сверлильного устройства сверлят и разворачивают отверстия под штифты ремонтного размера в крышках и корпусе насоса. В подготовленные отверстия запрессовывают штифты.

При ремонте насоса равномерность подачи смазки можно обеспечить размещением фитиля на поплавке (рис. 4.101). По мере расхода масла и уменьшения его уровня поплавок также опускается благодаря гофрированному гибкому элементу, сохраняя постоянной длину не погруженной в масло части фитиля.

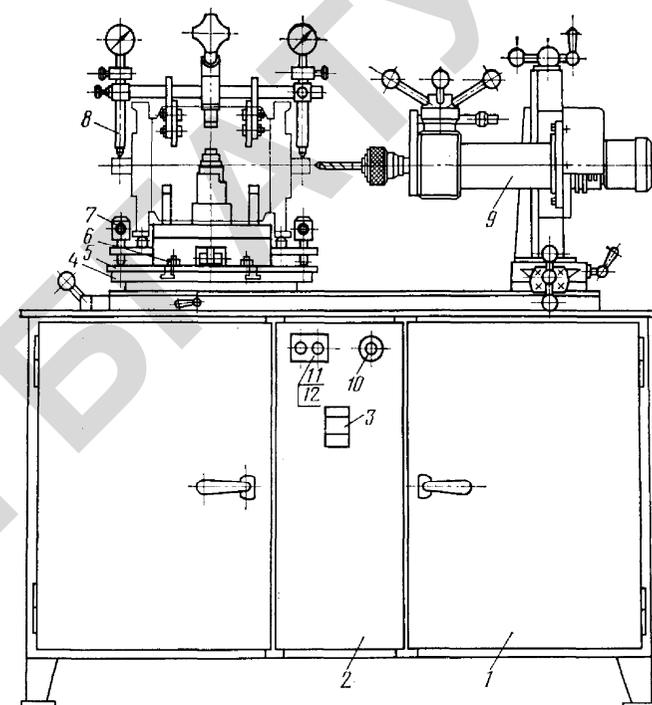


Рис. 4.100. Стенд ОР-9023 для сборки вакуумных насосов: 1 – стол; 2 – панель; 3, 11, 12 – пульт управления; 4 – стол поворотный; 5 – плита; 6 – болт; 7 – винт; 8 – индикаторное приспособление; 9 – сверлильное устройство; 10 – лампочка

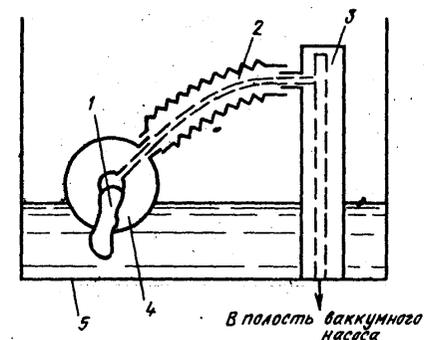


Рис. 4.101. Схема стабилизации расхода масла: 1 – фитиль; 2 – гибкий элемент; 3 – корпус; 4 – поплавок; 5 – бачок

Экономия расхода масла обеспечивается схема (рис. 4.102), при которой основная часть засасываемого из масленки масла не выбрасывается через глушитель, а возвращается опять в масленку.

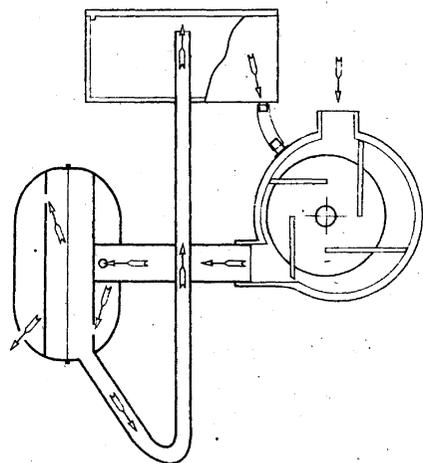


Рис. 4.102. Рециркуляционная схема смазки вакуумных насосов агрегатов индивидуального доения коров

Эффективны конструктивные схемы смазки насосов с применением маслоуловителей. Отработанное масло (рис. 4.103) попадает в маслоуловитель 2, затем – в маслоприемник 5 и далее в насос 4 или в маслосборник 8.

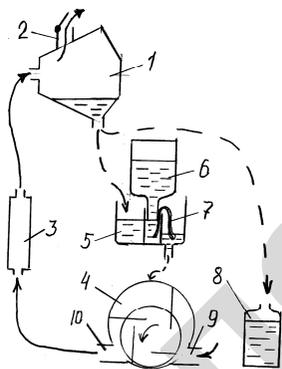


Рис. 4.103. Рециркуляционная схема смазки насосов:  
1 – маслоуловитель; 2 – клапан; 3 – глушитель; 4 – насос; 5 – маслоприемник;  
6 – масленка; 7 – фитиль; 8 – маслосборник; 9, 10 – патрубки

Циркуляционную подачу масла в отдельных конструкциях насосов осуществляют каскадным глушителем (рис. 4.104). Из масляного резервуара через вертикальное отверстие в боковой крышке насоса вследствие разности атмосферного давления и вакуума, который возникает при работе насоса, масло через осевое и радиальное отверстия вала подается в щели между пазами и пластинами ротора. Через них оно проникает во внутреннюю полость насоса, смазывая при этом поверхность ротора, зеркало цилиндра и подшипники вала.

Повторное использование масла обеспечивает применение обратного клапана (рис. 4.105). Масло, выходящее со сжатым воздухом из насоса 6 по трубопроводу 5, попадает в глушитель 2, в котором установлен обратный клапан 1, предотвращающий обратные потоки воздуха с маслом при остановке насоса. Проходя через фильтр, масло стекает вниз в маслосборник 3, а воздух поднимается в выхлопную трубу 9 (показано белой стрелкой на рис. 4.105). Из маслосборника масло через фильтр 4 поступает в масленку 8.

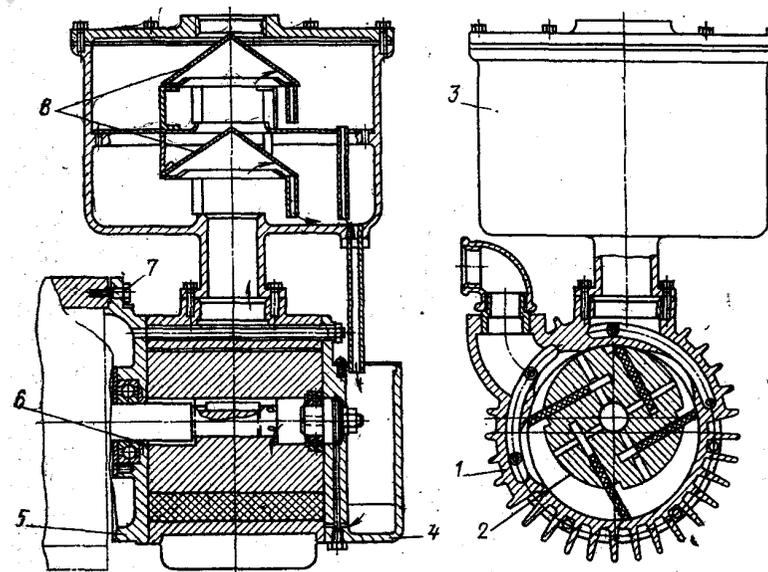


Рис. 4.104. Каскадная рециркуляционная система смазки насоса:  
1 – корпус; 2 – ротор; 3 – глушитель; 4 – масляный резервуар; 5 – крышка;  
6 – кольцо; 7 – шпилька; 8 – маслоуловительные конусы

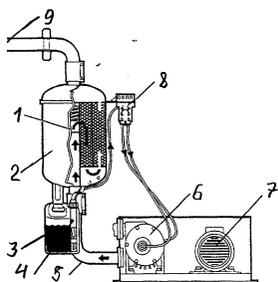


Рис. 4.105. Рециркуляционная система смазки насоса с фильтром:  
 1 – клапан; 2 – глушитель; 3 – маслосборник; 4 – фильтр; 5 – трубопровод;  
 6 – насос; 7 – электродвигатель; 8 – масленка; 9 – труба выхлопная

После ремонта вакуумных насосов оценивают быстроту действия и предельное остаточное давление методом постоянного давления (или постоянного объема) и с помощью газового счетчика. Измерение быстроты действия методом постоянного давления проводят на испытательной установке, содержащей, кроме испытуемого насоса, измерительную камеру и средства измерения давления и потока воздуха. Поток воздуха, проходящий через входное сечение насоса, характеризует количество переносимого воздуха в единицу времени и называется его производительностью. Обычно поток воздуха  $Q$  измеряется в единицах мощности ( $pV/t = \text{Па} \cdot \text{м}^3/\text{с} = \text{Н} \cdot \text{м}/\text{с} = \text{Вт}$ ). При изотермическом процессе откачки  $pV = \text{const}$ .

Дифференцируя это равенство, получим:

$$Q = p(dV/dt) + V(dp/dt) = 0.$$

При постоянном объеме  $Q = V(dp/dt)$ .

По кривой откачки (рис. 4.106) устанавливается для каждого момента времени  $t_i$  значение  $p_i$  и по  $\text{tg} \phi$  – значение  $(dp/dt)_i$ . Быстрота откачки насоса определяется уравнением:

$$S_{H_i} = \frac{Q_i}{p_i}.$$

Обкатка является заключительным и ответственным этапом технологического процесса ремонта ротационных вакуумных насосов

доильных установок. Она в значительной степени определяет работоспособность агрегатов, особенно в начальный период эксплуатации. Вакуумные насосы обкатывают с целью контроля качества сборки и функционирования, а также для очистки от механических частиц и других загрязнений. В период обкатки происходит приработка трущихся сопряжений – интенсивное изменение шероховатости и геометрии поверхностей деталей в результате физико-химического взаимодействия и механического зацепления микронеровностей. Приработка необходима для сохранения установленных зазоров в подвижных сопряжениях и обеспечения наиболее полного и оптимального прилегания трущихся поверхностей, так как вследствие неизбежных отклонений в геометрии деталей, а также дефектов сборки в насосе имеются различные перекосы.

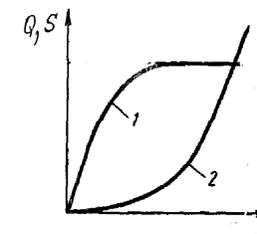


Рис. 4.106. Характеристики вакуумного насоса:  
 1 – быстрота откачки; 2 – производительность

Обкатать вакуумный насос после замены трущихся частей можно на стенде типа 8719 (рис. 4.107). Насос закрепляют на базовой плите 7, соединяют привод с электродвигателем, а его патрубки (с помощью резиноканевых рукавов) – с магистралью всасывания и глушителем. Первый этап обкатки проводят в течение 20 мин с открытыми кранами вакуумного бачка 9. Второй этап – в течение 40 мин с всасыванием воздуха через жиклер диаметром 8 мм.

Стенд (рис. 4.108) позволяет обкатывать одновременно два вакуумных 9 насоса РВН-40/350 и один 4 насос УВБ-45/60. Насосы РВН-40/350 приводятся во вращение от электродвигателя, расположенного на верхней платформе, через гибкую муфту и клиноременную передачу, насос УВБ-45/60 – от электродвигателя, расположенного на низшей платформе стенда, через клиноременную передачу.

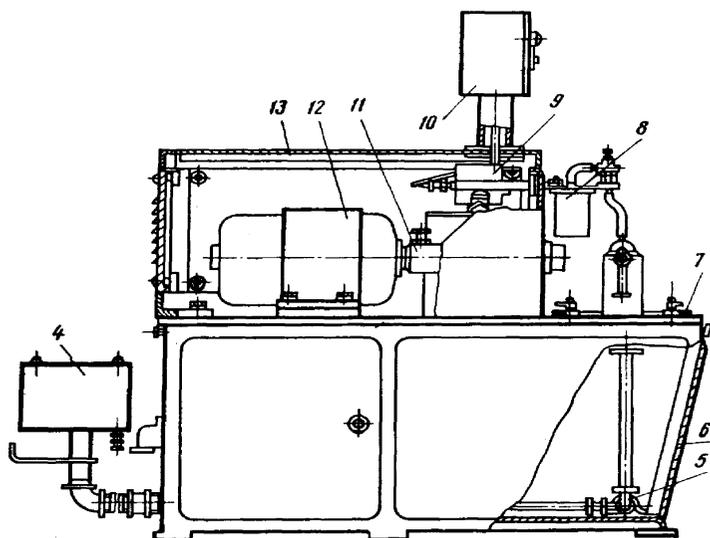


Рис. 4.107. Стенд для обкатки вакуумного насоса:

1 – муфта; 2 – привод; 3 – кожух; 4 – глушитель; 5 – кран; 6 – основание; 7 – базовая плита; 8, 9 – масляный и вакуумный бачки; 10 – пульт управления

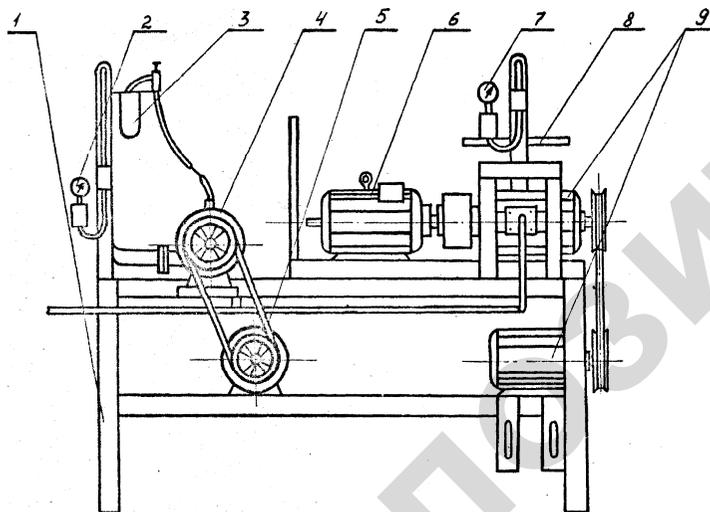


Рис. 4.108. Стенд для обкатки трех вакуумных насосов:

1 – рама; 2 – манометр; 3 – резервуар масляный; 4 – насос; 5, 6 – электродвигатели; 7 – манометр; 8 – крепление; 9 – вакуумный насос

Обкатку и испытание насосов после капитального ремонта производят на стенде типа КИ-9116 (рис. 4.109). Продолжительность обкатки вакуумных насосов при использовании в качестве водного раствора эмульсола составляет 10 мин при вакуумметрическом давлении 52 кПа и 15 мин при предельном остаточном давлении, создаваемом работающим насосом. После обкатки вакуумного насоса с использованием эмульсии подачу ее прекращают и в рабочую полость насоса подают минеральное масло с целью достоверного определения его основных параметров и консервации. Продолжительность обкатки при использовании в качестве смазочно-охлаждающей жидкости минерального масла, например, моторного масла, должна превышать 90 мин при вакууме 48 %.

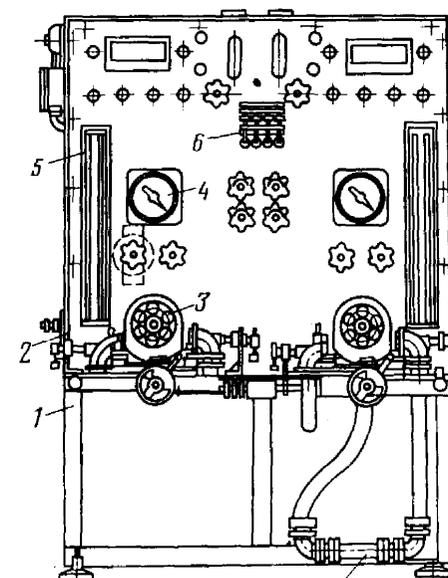


Рис. 4.109. Стенд для испытания вакуумных насосов:

1 – основание; 2 – механизм включения муфты; 3 – муфта; 4 – вакуумметр; 5 – мерное устройство; 6 – дозирующее устройство

Износ пластин ротационного вакуумного насоса происходит по дуге определенного радиуса. Площадка контакта пластины с корпусом насоса перемещается по поверхности ее ребра (рис. 4.110).

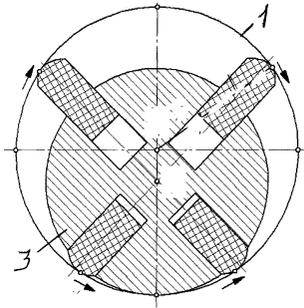


Рис. 4.110. Направления перемещения площадки контакта:  
1 – корпус; 2 – ротор; 3 – пластина

Приработка завершается тогда, когда профиль верхней кромки пластины принимает определенную форму (рис. 4.111): дуговую периферийную кромку, радиус и положение центра которой определены соотношениями:

$$r_n = \frac{R b}{\frac{2e}{\sqrt{1 - [(r/R)\sin\psi]^2}} + b},$$

$$X_n = \frac{r b}{\frac{2e}{\sqrt{1 - [(r/R)\sin\psi]^2}} + b} \cdot \sin\psi + \frac{b}{2}, \quad (4.21)$$

где  $e$  – эксцентриситет;  
 $b$  – толщина пластины;  
 $\psi$  – угол наклона пазов;  
 $r_n, X_n$  – координаты центра дуги верхней кромки пластины (рис. 4.111);  
 $R$  – радиус расточки корпуса;  
 $r$  – радиус ротора.

В процессе движения пластины имеют место скольжение и качение (рис. 4.112).

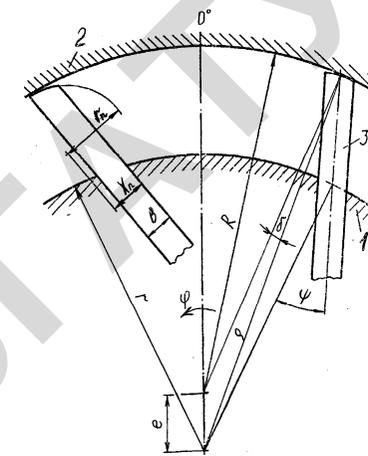


Рис. 4.111. Параметры пластинчатого насоса:

1 – ротор; 2 – пластина; 3 – цилиндр;  $e$  – эксцентриситет;  $b$  – толщина пластины;  $\psi$  – угол наклона пазов;  $r_n, X_n$  – координаты центра дуги верхней кромки пластины;  $R$  – радиус расточки цилиндра;  $r$  – радиус ротора;  $\delta$  – угол между прямыми, соединяющими периферийную точку пластины с центрами ротора и цилиндра;  $\rho$  – текущий радиус

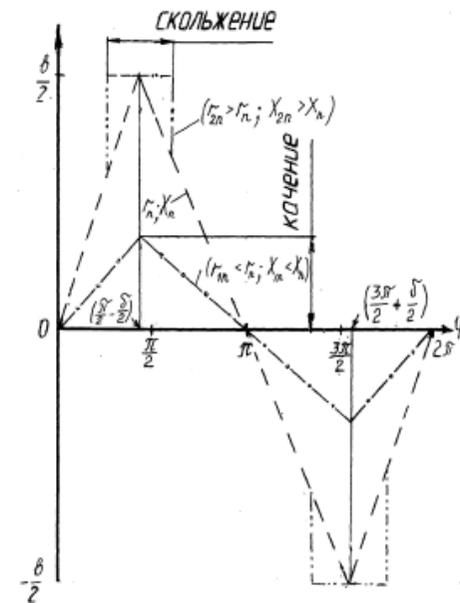


Рис. 4.112. Кинематика движения кромки пластины

Выполнение дуги верхней кромки пластины по параметрам, учитывающим наклон пластин, способствует непрерывному перемещению линейной площадки контакта по всей дуге кромки пластин, устраняя необходимость приработки последних и перетечки воздуха (рис. 4.113).

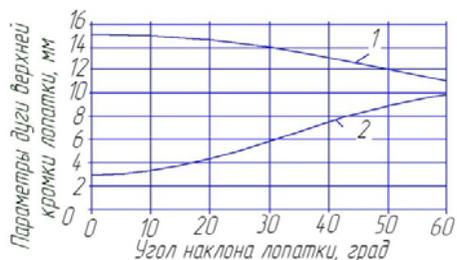


Рис. 4.113. Параметры кромки лопатки:  
1 -  $r_{п}$ ; 2 -  $X_{п}$

Один из основных отказов водокольцевого вакуумного насоса — это малое вакуумметрическое давление из-за большого торцового зазора. Большие зазоры в насосе вызывают перетечки воздуха из области нагнетания в область всасывания вдоль торцовых крышек. Положение ротора в корпусе (цилиндре) насоса двустороннего действия (ВВН-3, ВВН-6), соответствующее равному с обеих сторон зазору, устанавливается дистанционным кольцом, укладываемым под подшипник со стороны свободного конца вала. Толщина дистанционного кольца может быть установлена следующим образом. Ударом по валу со стороны полумуфты сдвигают вал с колесом в корпусе насоса до упора колесом правой лобовины. Замеряют глубину  $A$  расточки корпуса подшипника под подшипник (рис. 4.114) и расстояние  $B$  от торцевой поверхности корпуса подшипника до галтели на валу, в которую упирается подшипник. Из разности двух полученных размеров вычитается величина зазора между колесом и лобовиной. Так определяется толщина дистанционного кольца  $T$ . Несоответствие толщины имеющегося дистанционного кольца с расчетной может быть устранено либо уменьшением толщины имеющегося кольца, либо применением дополнительных прокладок из листовой латуни или железа.

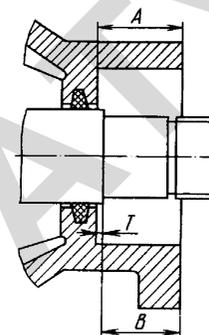


Рис. 4.114. Расчетные параметры толщины дистанционного кольца

Фактическая форма жидкостного кольца имеет сложный профиль и отличается от предполагаемой цилиндрической формы. Лишь в месте максимального удаления жидкостного кольца от ротора имеется соответствие действительного и предполагаемого профилей кольца (рис. 4.115). Исполнение внутреннего очертания корпуса дугами окружности, описанными из двух центров, позволяет увеличить площадь поперечного сечения серпообразного пространства и, как следствие, площади всасывающего и нагнетательного окон.

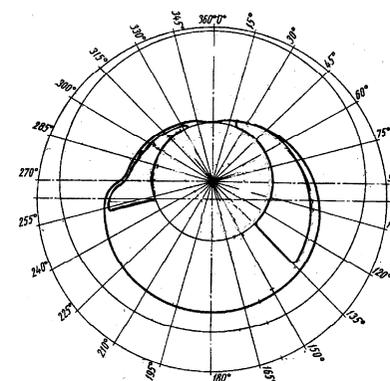


Рис. 4.115. Профили нагнетательного окна насоса

Вода, необходимая для пополнения жидкостного кольца, подается в зону всасывания или нагнетания под избыточным давлением (из водопровода) или путем самовсасывания. Пополнение жидкостного

кольца через кольцевую выточку втулки интенсифицирует нагрев жидкости (до температуры 80 °С за время дойки). Высокое давление насыщенных водяных паров снижает производительность машины. Эффективнее направить канал подвода жидкости непосредственно в серповидное пространство на стороне нагнетания. Рациональный диаметр отверстия подвода воды составляет 6–8 мм. Отверстие для подвода воды следует располагать на расстоянии 0,85 радиуса ротора. Целесообразно патрубок подвода рециркуляционной воды выполнять наклонным по ходу вращения ротора.

Повышение коэффициента полезного действия жидкостно-кольцевой машины решается тем, что канал для подачи жидкости выполняется эксцентрично на резьбовой пробке, а лопадки ротора – утолщенными от торца к крышке ротора под углом 3–7°. Эксцентричное расположение канала для подвода жидкости на резьбовой пробке позволяет регулировать его местоположение в зависимости от требуемого режима работы (рис. 4.116).

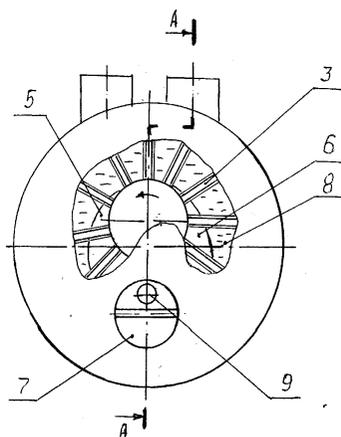


Рис. 4.116. Насос с регулируемой зоной подвода жидкости:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопадка; 4 – лобовина; 5 – окно всасывающее; 6 – окно нагнетательное; 7 – резьбовая пробка; 8 – жидкостное кольцо; 9 – патрубок

На молочно-товарных фермах применяют децентрализованные и централизованные вакуумные системы доения коров. Децентрализованная вакуумная система состоит из базовых линий. Например, для доения 200 коров в децентрализованной вакуумной системе

применяют две базовые доильные установки на 100 гол. (рис. 4.117). Каждая доильная установка комплектуется вакуумным насосом малой производительности. Централизованная вакуумная система может иметь один вакуумный насос большой производительности.

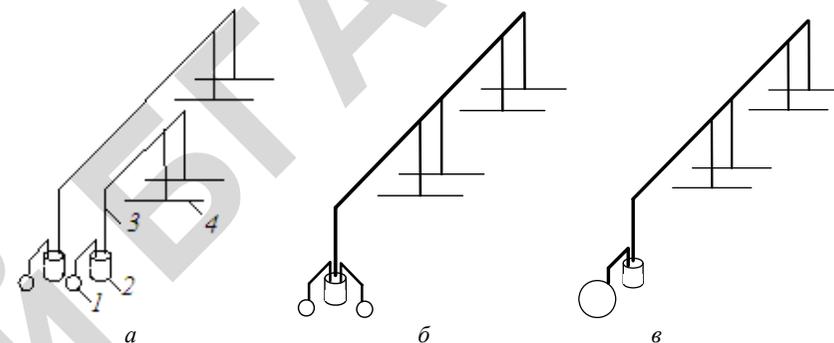


Рис. 4.117. Схемы вакуумных систем доения коров на ферме поголовьем 200 коров: а – децентрализованная; б – централизованная с двумя вакуумными насосами; в – централизованная с одним вакуумным насосом

Вакуумные насосы характеризуют три параметра: быстрота действия  $S_n$ , предельное давление  $p_{np}$  и потребляемая мощность  $N_n$ . Предельное вакуумметрическое давление всех механических вакуумных насосов практически одинаково при их различной производительности. Создаваемый насосами вакуум не может превышать 100 %, другими словами, вакуумметрическое давление, обеспечиваемое насосами, не может превысить 100 кПа. При этом глубина вакуума не зависит от частоты вращения ротора, которая определяет лишь время, в течение которого достигается требуемый вакуум. Время  $t$ , необходимое для достижения заданного вакуума в объеме  $V$  при выбранной быстроте действия вакуумного насоса, определяется по формуле:

$$t = \frac{V}{S_n} \ln \frac{p_n}{p_{np}}, \quad (4.22)$$

где  $p_n$  – давление нагнетания, Па ;  
 $p_{np}$  – предельное давление, Па .

Из выражения (4.2) следует:

$$\frac{t_n}{t_m} = \frac{\frac{V}{S_n} \ln \frac{p_n}{p_{пр}}}{\frac{V}{S_m} \ln \frac{p_n}{p_{пр}}} \rightarrow \frac{t_n}{t_m} = \frac{S_m}{S_n}, \quad (4.23)$$

где  $S_m, S_n$  – быстрота действия модели и насоса;

$t_m, t_n$  – время достижения заданного вакуума в объеме  $V$  при выбранной быстроте действия модели и насоса.

Соотношение быстроты действия двух насосов:

$$\frac{S_m}{S_n} = \frac{(4\pi R_m e_m L_m) n_m}{(4\pi R_n e_n L_n) n_n} \rightarrow$$

$$\rightarrow S_n = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \frac{n}{n_m} \cdot S_m, \quad (4.24)$$

где  $R_m, R_n$  – соответственно радиусы корпуса модели и насоса;

$e_m, e_n$  – эксцентриситеты модели и насоса;

$L_m, L_n$  – длина ротора модели и насоса;

$n_m, n_n$  – частота вращения ротора модели и насоса;

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – линейные масштабы моделирования радиусов, эксцентриситета и длины ротора модели и насоса.

Потребляемая мощность пропорциональна создаваемому вакуумметрическому давлению:

$$N = (p_n - p_{вс}) S \rightarrow N = (p_{атм} - p_{вс}) S \rightarrow$$

$$\rightarrow N = p_{атм} S - p_{вс} S \rightarrow N = Q_{max} - Q_{min}, \quad (4.25)$$

где  $p_n$  – давление нагнетания, Па;

$p_{вс}$  – давление всасывания, Па.

Таким образом, возрастание мощности вакуумного насоса прямо пропорционально частоте и скорости его действия:

$$\frac{N_m}{N} = \frac{S_m}{S} \rightarrow N = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \frac{n}{n_m} N_m. \quad (4.26)$$

При выборе водокольцевого насоса для централизованной доильной установки следует учитывать, что проектирование типоразмерного ряда вакуумных насосов осуществляют по критерию Фруда. Физический смысл критерия состоит в том, что центробежные ускорения жидкостного кольца одинаковы для всех насосов (рис. 4.118). Поэтому мощность, потребляемая водокольцевым вакуумным насосом, и быстрота его действия пропорциональны геометрическим параметрам и частоте вращения ротора.

В двухроторных вакуумных насосах с лемнискатными профилями при изнашивании подшипников происходит смещение оси вращения роторов вниз, уменьшая радиальный зазор  $\delta_{рк}$ . При изнашивании синхронизирующих шестерен происходит поворот роторов, уменьшающий профильный зазор  $\delta_{пр}$ . Во избежание соприкосновения роторов или роторов и корпуса своевременно меняют шестерни и подшипники или регулируют их. Величина зазоров между ротором и статором (рис. 4.119) обычно равна  $0,004R$ , а между роторами и торцевыми крышками –  $0,006R$ .

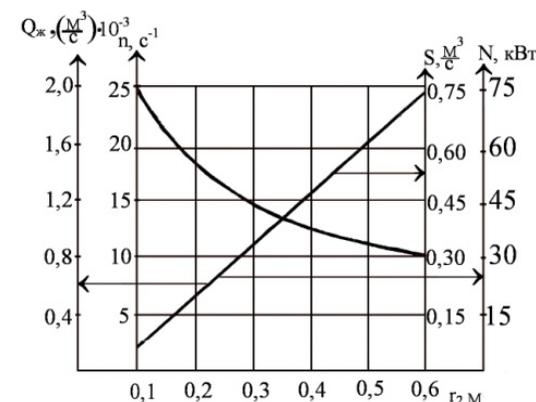


Рис. 4.118. Характеристики водокольцевых установок

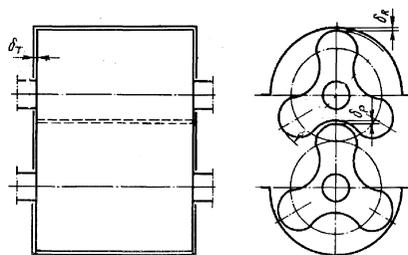


Рис. 4.119. Зазоры двухлопастных роторов:  
 $\delta_T$  – торцовый зазор;  $\delta_P$  – зазор между роторами;  
 $\delta_R$  – зазор между ротором и корпусом

Профильный зазор (0,10–0,15 мм) между роторами рассчитывают по формуле:

$$\delta_{pp\min} = \Delta A + |\Delta R_{\min}| + |\Delta c_{\min}| + |\Delta A_{\min}|, \quad (4.27)$$

где  $\Delta A = \alpha A \Delta t$  – увеличение межцентрового расстояния  $A$  в рабочем состоянии;

$\alpha$  – температурный коэффициент линейного расширения материала торцовых крышек, в которых установлены подшипники;

$\Delta t = t_{кр} - t_0$  – разность температуры крышки в рабочем состоянии и температуры, при которой была выполнена сборка насоса (для компрессора принимается равной 40–60 °С);

$\Delta R_{\min}$ ,  $\Delta c_{\min}$ ,  $\Delta A_{\min}$  – минимальные значения допуска на радиус, ширину впадины и межцентровое расстояние.

Радиальный зазор (0,05–0,09 мм) между корпусом и ротором рассчитывают по формуле:

$$\delta_{pk\min} = |\Delta R_{\min}| + |\Delta R_{k\min}| + |\Delta R_k - \Delta R|, \quad (4.28)$$

где  $\Delta R_{k\min}$  – минимальный допуск на радиус расточки корпуса;

$\Delta R_k = \alpha_k R_k \Delta t_k$  – удлинение корпуса и ротора в радиальном направлении в рабочем состоянии;

$\alpha_k$  – температурный коэффициент линейного расширения материалов корпуса;

$\Delta t = t_{кр} - t_0$  – разность рабочей и сборочной температур корпуса.

Торцовые зазоры со стороны жесткой и плавающей опор:

$$\begin{cases} \delta_{ТЖ} = 0,5 (|\Delta L_{\min}| + |\Delta L_{к\min}|) \\ \delta_{ТПЛ} = 0,5 (|\Delta L_{\min}| + |\Delta L_{к\min}|) + \\ + |\Delta L_k - \Delta L| (|\Delta L_{\max}| + |\Delta L_{к\max}|) + (\Delta L_k - \Delta L), \end{cases} \quad (4.29)$$

где  $\Delta L_{\min}$ ,  $\Delta L_{к\min}$  – минимальные значения допусков на длину ротора и корпуса;

$\Delta L_k = \alpha_k L_k \Delta t_k$  – удлинение корпуса;

$\Delta L = \alpha_p L \Delta t_p$  – удлинение ротора в рабочем состоянии;

$\Delta L_k$  – длина корпуса;

$L$  – длина ротора.

Боковые зазоры в зацеплении роторов обеспечиваются синхронизирующей передачей, состоящей из двух косозубых шестерен. Изменяя число прокладок между шестернями и радиально-упорными подшипниками, можно сдвигать в осевом направлении одну шестерню относительно другой. Таким образом, регулируют боковые зазоры в зацеплении роторов, поскольку при осевом перемещении косозубой шестерни по шлицам валика одного ротора другая шестерня и связанный с ней ротор поворачиваются на некоторый угол, величина которого зависит от угла наклона зуба шестерни и величины осевого перемещения.

#### 4.5. Ремонт молочно-вакуумных систем

Текущий ремонт молочно-вакуумных систем выполняют для обеспечения или восстановления работоспособности оборудования. Он состоит в замене и (или) восстановлении его отдельных составных частей – вакуумных регуляторов и молочных насосов, молочно-вакуумных кранов и дозаторов.

Упрощению процесса регулирования вакуума во время работы доильной установки может способствовать переоборудование вакуумного регулятора. Вместо стержня изготавливают регулировочный винт с резьбой на конце (рис. 4.120) и закрепляют его на пружине

клапана. Кронштейн соединяют с крышкой при помощи болтов с полукруглой головкой. Регулировочный винт пропускают через среднее отверстие кронштейна и навинчивают на него снизу гайку. Регулирование вакуума производят навинчиванием (отвинчиванием) барашковой гайки.

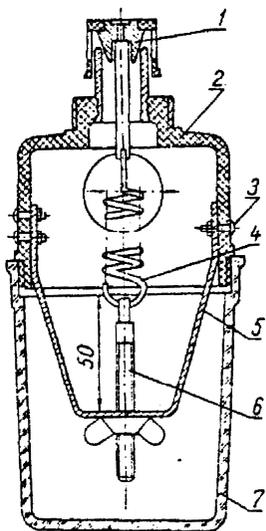


Рис. 4.120. Вакуумный регулятор:  
1 – пружинный клапан; 2 – крышка; 3 – болт; 4 – пружина;  
5 – кронштейн; 6 – винт; 7 – колпак

В процессе эксплуатации доильных установок в результате, как правило, неосторожных действий обслуживающего персонала разбиваются стеклянные трубы молочных трубопроводов. Замена стеклянной трубы производится поднятием муфты 1, соединяющей разбитый участок трубопровода с другой муфтой. Затем новая стеклянная труба одним концом вставляется в поднятую муфту, а другим – в неподвижную муфту. Поднятая муфта опускается и фиксируется вместе с новой стеклянной трубой (рис. 4.121). При необходимости резки стеклянных трубок молочного трубопровода пользуются специальным приспособлением.

При необходимости резки стеклянных трубок молочного трубопровода пользуются специальным приспособлением (рис. 4.122).

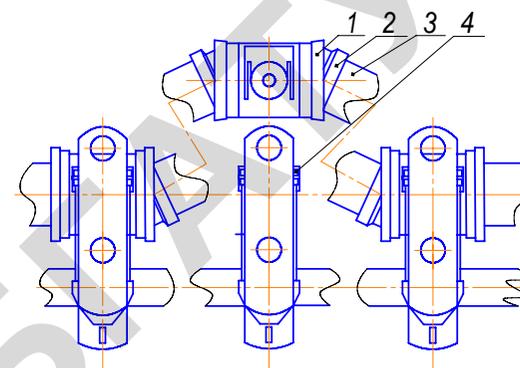


Рис. 4.121. Замена стеклянной трубы:  
1 – муфта; 2 – втулка; 3 – труба; 4 – корпус крана

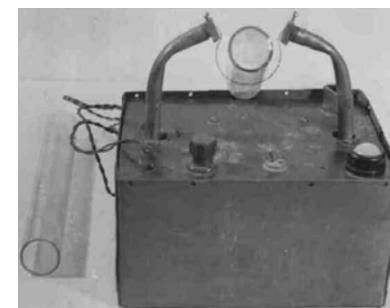


Рис. 4.122. Приспособление для резки труб

Приспособление работает следующим образом (рис. 4.123). Штепсельная вилка III вставляется в розетку сети переменного тока напряжением 220 В, выключателем  $B_1$  прибор включается в работу. При этом напряжение подается на первичную обмотку понижающего трансформатора –  $T_p$ , о чем свидетельствует загоревшаяся сигнальная лампа Л. Стеклянную трубку кладут на фехралевую нить, которая охватывает ее вокруг. При нажатии на трубу токоподводящие электроды (клещи) приближаются друг к другу и включают микропереключатель  $B_2$ . При этом цепь вторичной обмотки трансформатора  $T_p$  замыкается, фехралевая нить накаливается и в течение 30–40 с нагревает стеклянную трубу. Трубу снимают и к нагретому месту прикасаются поролоновой губкой, смоченной водой. Труба при этом разламывается по месту обхвата ее фехралевой нитью.

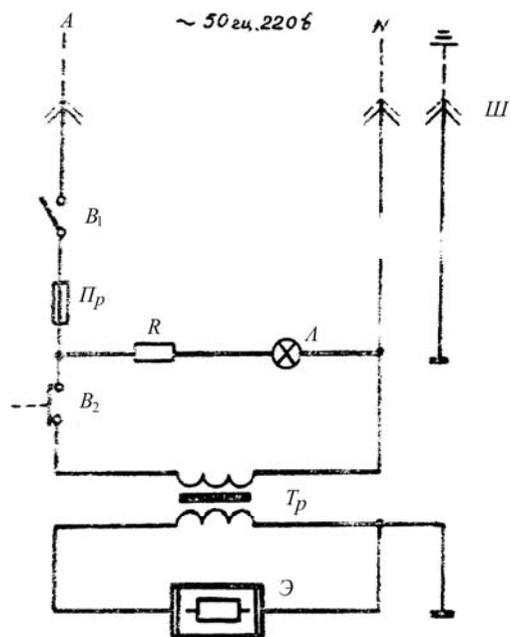


Рис. 4.123. Схема приспособления для резки труб:

$T_p$  – понижающий трансформатор;  $B_1$  – выключатель сети;  $L$  – сигнальная лампочка;  
 $B_2$  – микропереключатель;  $\mathcal{E}$  – нагревательный элемент;  $P_p$  – предохранитель;  
 $\text{Ш}$  – штепсельная вилка)

При эксплуатации насосов для транспортировки молока и молочных продуктов НМУ-6, 36МЦ6-12, 3ВМЦ10-20 нарушается герметичность вследствие износа уплотнительных колец и манжет. Могут появиться вмятины и коробления крышки, трещины и обломы диффузора, патрубка, клапана, изнашиваются рабочие поверхности корпуса, крыльчатки, наконечника. Перед ремонтом насос очищают от пыли, грязи и наслоений ветошью, смоченной в уайт-спирите (насос в сборе с электродвигателем мыть в растворах запрещено). Разбирать (собирать) насос рекомендуется на стендах (рис. 4.124). Детали обрабатывают в моечной машине специальными моющими препаратами или растворами.

Вмятины крышки устраняют правкой на станке с применением специального приспособления (рис. 4.125) или выправляют молотком, нагревая предварительно дефектное место газовой горелкой.

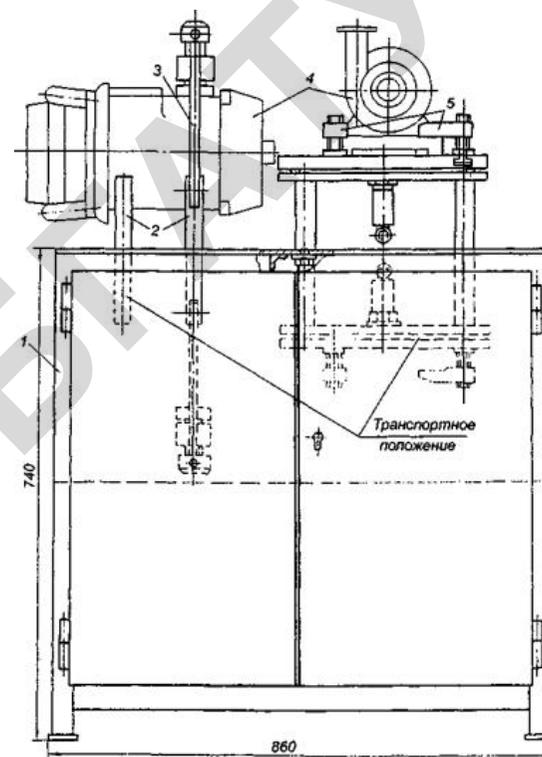


Рис. 4.124. Стенд 8794 для разборки и сборки водяных и молочных насосов:  
1 – основание; 2 – опоры; 3 – струбцина; 4 – разбираемые насосы; 5 – прижимы

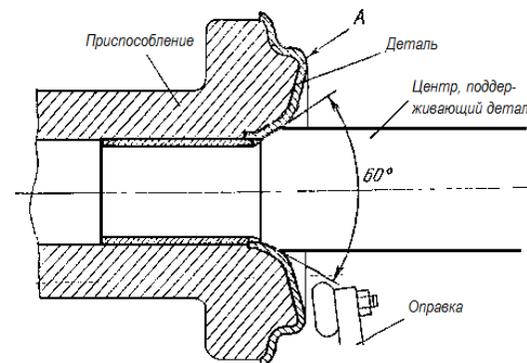


Рис. 4.125. Схема правки крышки корпуса молочного насоса НМУ-6

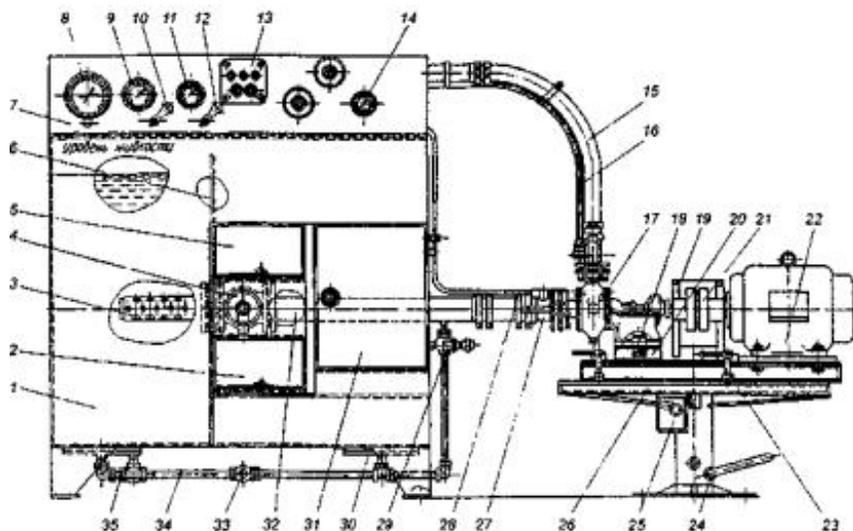


Рис. 4.126. Стенд 8803 для обкатки и испытания молочных насосов: 1 – бак; 2, 5 – ящики; 3 – фильтр; 4 – задвижка; 6 – перегородка; 7 – панель; 8 – термометр; 9 – вакуумметр; 10, 12 – краны; 11 – манометр; 13 – пульт управления; 14 – счетчик; 15, 16, 27, 28, 32 – трубопроводы; 17 – насос; 18, 23 – прижимы; 19 – кожух; 20 – подставка; 21 – муфта; 22 – привод; 24 – винт; 25 – коробка разъема; 26 – стол; 29, 33, 35 – вентили; 30 – крышка; 31 – электрошкаф; 34 – система слива

Собранный насос обкатывают и испытывают на стенде (рис. 4.126).

Во время обкатки проверяют уплотнения и напор в рабочей полости. При нормальном прилегании уплотнительного кольца к шайбе просачивания жидкости не должно быть. Подачу насоса НМУ-6 проверяют при частоте вращения крыльчатки  $(2815 \pm 15) \text{ мин}^{-1}$ , длине напорного шланга 2 м и его внутреннем диаметре 24 мм, температуре воды 15–25 °С и ее уровне над осью насоса 1,0–1,2 м. При откачивании воды из вакуумной емкости при вакууме 0,058 МПа и напоре насоса 0,06 МПа подача должна быть не менее 5000 л/ч. При откачивании воды из открытой емкости при напоре 0,08 МПа подача должна быть не менее 6000 л/ч. Максимальный напор при вакууме 0,06 МПа и подаче насоса 2000 л/ч должен составлять не менее 0,1 МПа. Подача насосов 36МЦ6-12 и 36МЦ10-20 при диаметре напорного шланга 36 мм и примерно тех же режимах

испытания (частота вращения крыльчатки –  $2800 \text{ мин}^{-1}$ , вакуумметрическая высота всасывания – 0,05 МПа, напор, соответственно, – 0,125 и 0,2 МПа) должна составлять (соответственно) не менее 6000 и 10 000 л/ч. Насосы должны быть герметичны. Подтекание воды через соединения неработающего насоса при статическом напоре 0,009 МПа не допускается. При вакууме 0,058 МПа и подключенной к подводящему патрубку насоса емкости 2 л скорость падения вакуума в течение 30 с за счет неплотностей не должна превышать 1,99 Па.

#### 4.6. Ремонт доильных аппаратов

Текущий ремонт доильных аппаратов выполняют для обеспечения или восстановления их работоспособности. Он состоит в замене и (или) восстановлении его отдельных составных частей – сосковой резины, пульсаторов и коллекторов, крышек доильных ведер. Снижение безотказности доильных аппаратов обуславливают засоренные прорезы или отверстия в крышках коллектора, наличие трещин в молочных и вакуумных трубках (рис. 4.127). Трещины возникают вследствие перегибов на косо срезанных молочных патрубках корпуса коллектора.



Рис. 4.127. Прорывы сосковой резины доильного аппарата

Износ клапана пульсатора увеличивает его ход до 1,5–2,0 мм вместо требуемых 0,6–0,8 (рис. 4.128). Одновременно изменяется соотношение тактов пульсатора. Загрязнения прорезы и отверстия крышки коллектора замедляют эвакуацию молока из коллектора и шланга. Восстановление работоспособности обеспечивает прочистка острым предметом канавки для постоянного подсоса воздуха на корпусе коллектора (под клапаном).

Снятие шлангов и трубок доильных аппаратов осуществляется с помощью специального съемника (рис. 4.129). При снятии шлангов

с коллектора доильного аппарата прорезь съемника фиксируют на соответствующем патрубке, а затем, раздвигая рычаги, снимают с патрубку шланг.

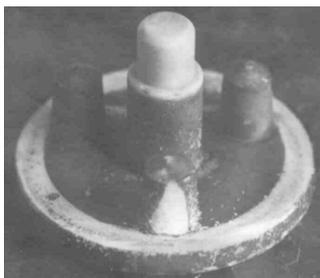


Рис. 4.128. Износ рабочей поверхности клапана пульсатора

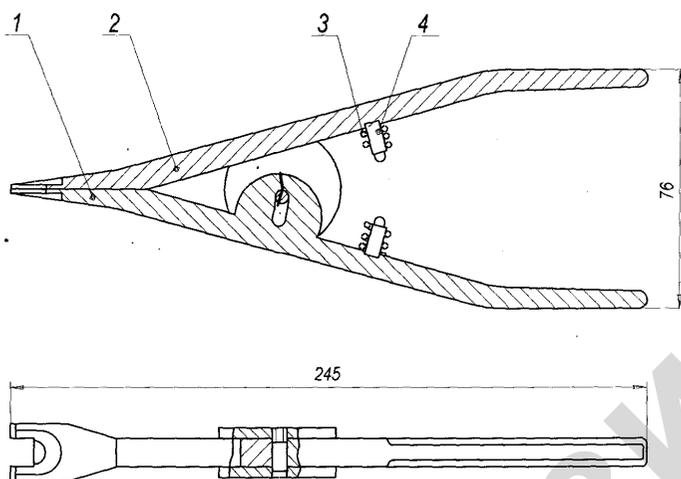


Рис. 4.129. Съемник шлангов и трубок:  
1, 2 – рычаги; 3 – пружина; 4 – фиксатор

Для повышения производительности процесса разборки доильного аппарата применяются автоматизированные устройства. В процессе съема сосковой резины гильза доильного стакана зажимается, а сосковая резина выталкивается из гильзы доильного стакана цанговым патроном (рис. 4.130).

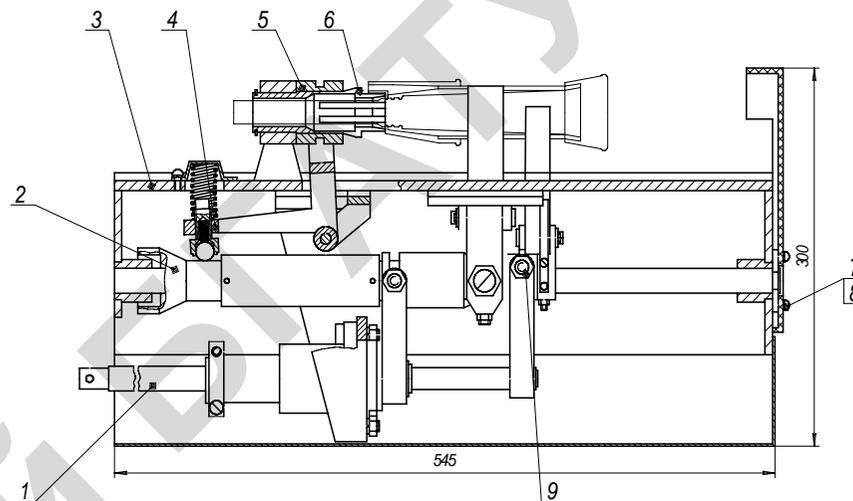


Рис. 4.130. Устройство для разборки доильных стаканов:  
1, 2 – штоки; 3 – корпус; 4 – упор; 5 – втулка; 6 – цанга;  
7 – ограничитель; 8 – винт; 9 – рычаг

Процесс надевания вакуумной трубки на соответствующий патрубок коллектора или пульсатора облегчает применение приспособления, изображенного на рис. 4.131.

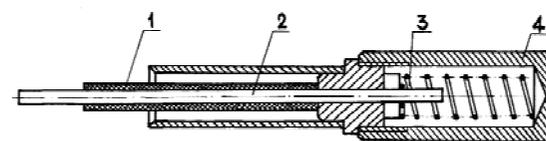


Рис. 4.131. Приспособление для надевания вакуумной трубки:  
1 – трубка; 2 – шток; 3 – пружина; 4 – корпус

Молочные и вакуумные шланги при снятии со штуцеров вручную часто обрываются или повреждаются. Чтобы этого не произошло, применяют специальное приспособление (рис. 4.132). При снятии шланга со штуцера последний устанавливают в соответствующий паз и деталь тянут на себя, отчего шланг (трубка) легко снимается.

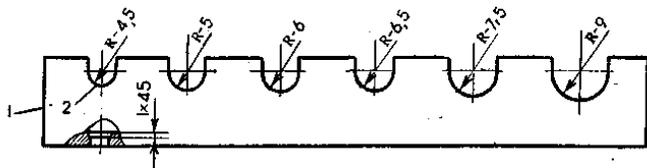


Рис. 4.132. Приспособление для снятия шлангов:  
1 – уголок; 2 – пазы

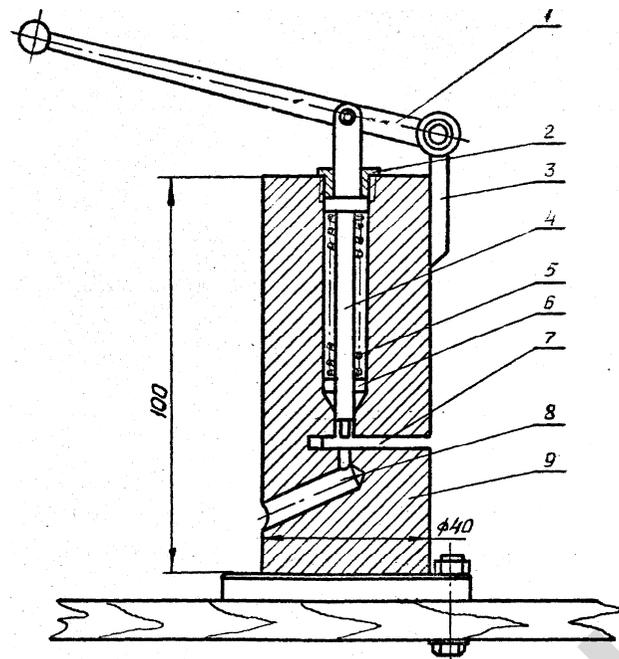


Рис. 4.133. Приспособление для прошивки отверстий в мембранах:  
1 – рычаг; 2 – гайка; 3 – кронштейн; 4 – шток; 5 – пружина; 6 – кольцо;  
7 – зазор для мембраны; 8 – отверстие; 9 – корпус

Общий вид приспособления для прошивки отверстий в мембранах пульсаторов показан на рис. 4.133. Состоит оно из корпуса 9, внутри которого в осевом сверлении расположен шток 4 с гайкой 2, пружиной 5 и кольцом 6, соединенный с рычагом 1. Рычаг соединен с корпусом с помощью кронштейна 3. Для прошивки отверстия мембрана устанавливается в зазор 7. Щиток, сжимая пружину, рычагом

перемещается вниз и торцом прошивает в мембране отверстие. После снятия усилия с рычага щиток под действием пружины возвращается в исходное положение. Применение приспособления снижает трудоемкость работы, исключает необходимость проведения разметки перед прошивкой отверстий.

Отверстия крышек (ведер, коллекторов, пульсаторов), гильз доильных стаканов, смотровых конусов, тройников доильных аппаратов моют щетками, закрепленными во вращающихся щеткодержателях (рис. 4.134).

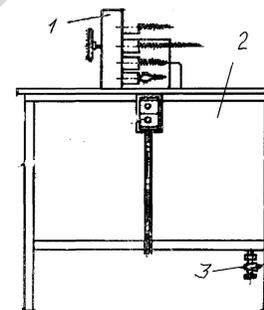


Рис. 4.134. Щеточная моечная установка:  
1 – ванна; 2 – механизм вращения; 3 – кран

Доильные стаканы комплектуют по группам жесткости сосковой резины в зависимости от вакуума смыкания. В подсосковой камере и конусе создают вакуум (рис. 4.135). Резина сжимается и прижимает к трубке, соединяющей корпус с подсосковой камерой, пружинный контакт. В момент замыкания контактов загорается лампочка. При неисправной сосковой резине или патрубке контакты вообще не замкнутся.

Деформации крышки и горловины доильных ведер, вызывающие подсос воздуха, устраняют с помощью приспособления, состоящего из оправки, направляющих втулок, диска, съемника и болтов-стяжек (рис. 4.136).

Выравнивание крышек доильных ведер производят с помощью пресс-формы (рис. 4.137), представляющей собой диск толщиной 20 мм, который разрезан на четыре отдельные части I, II, III, IV. Каждая часть представляет собой клин, так как плоскости разреза имеют угол 20°.

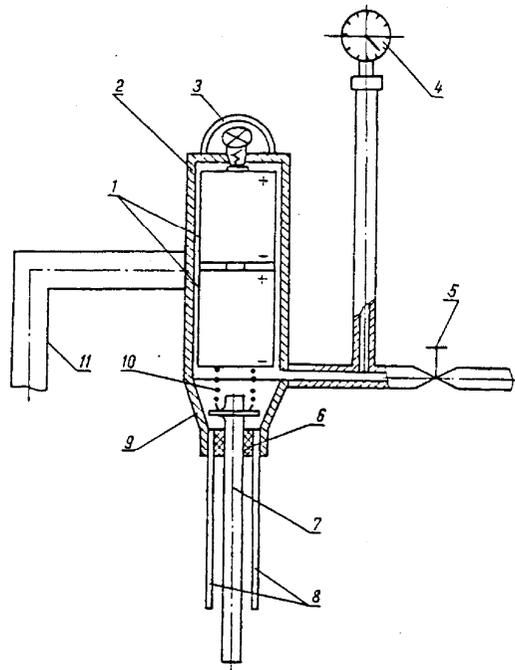


Рис. 4.135. Определение давления смыкания сосковой резины:  
 1 – батарея питания; 2 – корпус; 3 – лампочка; 4 – вакуумметр; 5 – кран;  
 6 – уплотнение; 7 – трубка-контакт; 8 – пружинный контакт; 9 – конус;  
 10 – пружина; 11 – кронштейн

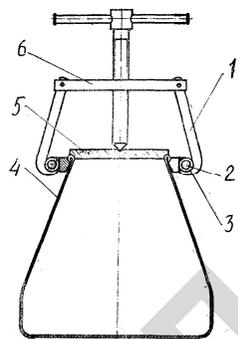


Рис. 4.136. Схема правки крышек ведер:  
 1 – оправка; 2 – направляющая; 3 – стяжка; 4 – ведро;  
 5 – опрессовочный диск; 6 – съемник

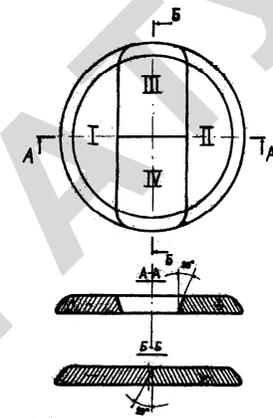


Рис. 4.137. Пресс-форма приспособления для правки крышек ведер

Необходимым условием применения доильных роботов является бесперебойное обеспечение коровника электрической энергией. В автоматических системах при непрерывной дойке присутствие человека не является необходимым. В среднем один раз в две недели включается сигнал тревоги о неисправностях доильного робота, поэтому один человек должен постоянно находиться поблизости.

## 5. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

### 5.1. Организация и технология монтажных работ

Для охлаждения молока применяют молокоохладительные установки с непосредственным охлаждением типа УЗМ (УЗМ-2, УЗМ-3, УЗМ-5, УЗМ-8, УЗМ-10 и др.), косвенного охлаждения типа УМ (УМ-2, УМ-3, УМ-4, УМ-5, УМ-6, УМ-8, УМ-10), МТКО DIAN, а также оборудование для охлаждения и временного хранения молока с рекуперацией тепла типа ЗУОМ (ЗУОМ-2000, ЗУОМ-3000, ЗУОМ-5000, ЗУОМ-8000, ЗУОМ-10000). Кроме того, в райагросервисах производят модернизацию ранее широко используемых на фермах молочных танков типа ТОМ-2А и СМ-1250.

Значительный объем работ при монтаже холодильных систем приходится на установку контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Корпус терморегулирующего вентиля холодильной системы монтируют вертикально – капиллярной трубкой вверх (рис. 5.1). При этом, допустимый угол отклонения должен составлять  $45\text{--}50^\circ$ . У места ввода термобаллона оставляют два-три свободных витка капилляра, обеспечивая возможность выемки термобаллона.

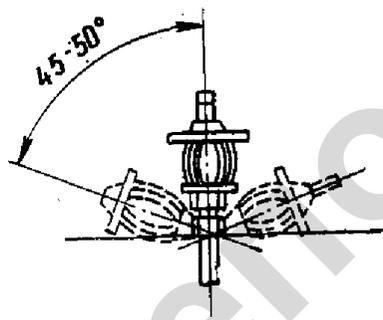


Рис. 5.1. Допустимое отклонение корпуса терморегулирующего вентиля

Термобаллон монтируют на горизонтальных участках трубопровода. Однако если возможно закреплять термобаллон лишь на вертикальном участке, то капиллярную трубку подводят сверху (рис. 5.2), исключая стекание жидкости под действием силы тяжести в управляющую полость термовентилля.

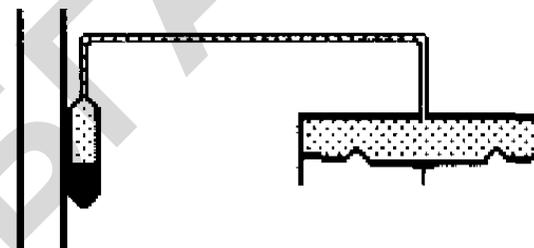


Рис. 5.2. Монтаж термобаллона терморегулирующего вентиля

Термочувствительный баллон закрепляют крепежным хомутом на зачищенном наждачной бумагой верхнем горизонтальном участке всасывающего трубопровода. Крепление шнуром или проволокой (рис. 5.3), ослабляя контакт между термобаллоном и трубой, усиливает температурные деформации (тем большие, чем ниже может опускаться температура кипения) и повышает вероятность гидроударов. Баллон устанавливают на трубопроводе сверху при условии, что его наружный диаметр менее 16 мм. Термобаллон крепят к трубам диаметром 12–16 мм со смещением на  $30^\circ$  от вертикали (рис. 5.3, а), со смещением на  $60^\circ$  – диаметром 18–22 мм (рис. 5.3, б) и со смещением  $90^\circ$  – диаметром 25–35 мм (рис. 5.3, в). Такой монтаж обеспечивает соответствие температуры газа, выходящего из испарителя, и температуры термобаллона. Крепление термобаллона под трубой усиливает влияние масла, стекающего под действием силы тяжести в нижнюю часть трубопровода всасывания. Тогда термобаллон вместо измерения температуры газа будет измерять температуру масла. Например, если температура газа начнет быстро уменьшаться, термобаллон должен вначале охладить масло, и только после этого он начнет отмечать падение температуры. Следовательно, время реакции термобаллона возрастает, и закрытие терморегулирующего вентиля задерживается (реакция запаздывания может даже повлечь за собой гидроудар).

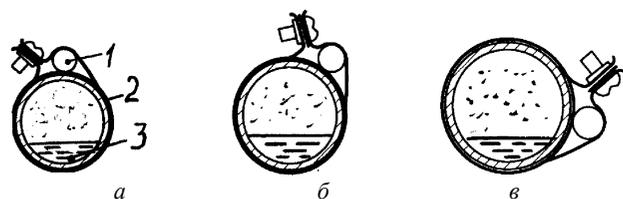


Рис. 5.3. Положения термобаллона на трубах различного диаметра:  
1 – термобаллон; 2 – труба; 3 – масло; а –  $\varnothing$  12–16 мм; б –  $\varnothing$  18–22 мм;  
в –  $\varnothing$  25–35 мм

Если при монтаже холодильных установок возникает необходимость разместить испарительно-компрессорный агрегат и конденсатор на различной высоте, то в таких случаях уделяют особое внимание конфигурации нагнетательного трубопровода, обеспечивающего циркуляцию смазочного масла в системе. В холодильных установках смазочное масло растворяется в хладагенте, уносится с нагнетаемыми парами из компрессора и может накапливаться в различных местах трубопроводной системы. Чтобы масло, уходящее из компрессора, поднималось по нагнетательному трубопроводу в конденсатор, на горизонтальном участке трубопровода перед переходом к вертикальному участку устанавливают петлю (сифон), в которой скапливается масло. Размер петли в горизонтальном направлении должен быть минимальным. Обычно ее изготавливают из отводов, изогнутых под углом  $90^\circ$ . Пары хладагента, проходящие через сифон, раздробляют скопившееся там масло и уносят его вверх по трубопроводу.

В установках постоянной холодопроизводительности скорость движения хладагента в трубе не меняется. В таких установках, если высота вертикального участка 2,5 м или меньше, сифон можно не устанавливать. При высоте более 2,5 м предусматривают установку сифона в начале стояка, а горизонтальный участок трубопровода монтируют с уклоном в сторону вертикального стояка. Рекомендуемая скорость движения хладагента в вертикальном участке нагнетательного трубопровода – 8–20 м/с, в горизонтальном участке – 2–3 м/с. При скорости более 20 м/с в трубах возникает шум. Если холодильный контур оснащен системой регулирования холодопроизводительности (например, от 100 до 25 %), то при ее уменьшении и, следовательно, уменьшении расхода и скорости хладагента

в восходящем нагнетательном трубопроводе до минимального значения (по разным источникам – 6–8 м/с) подъем масла прекратится. Поэтому в холодильных установках с регулируемой производительностью компрессора восходящий участок трубопровода выполняют из двух параллельных труб (рис. 5.4). При минимальных производительности и скорости движения хладагента в основной ветви Б масло скапливается в сифоне, препятствуя движению хладагента по этому трубопроводу. Поэтому подъем хладагента и масла будет осуществляться только по трубопроводу А. При производительности выше минимальной хладагент поднимается по обеим ветвям.

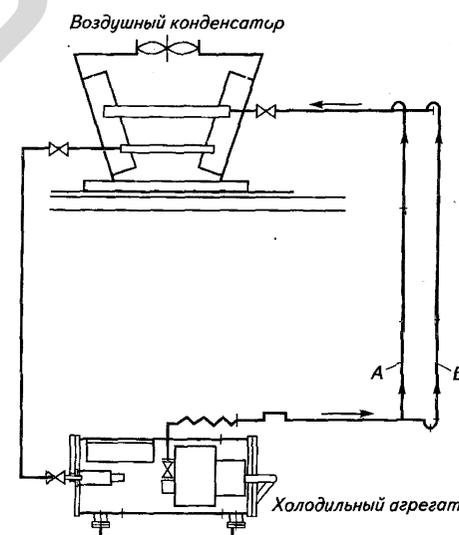


Рис. 5.4. Монтаж нагнетательных трубопроводов холодильной установки с регулируемой производительностью компрессора

С предприятия-изготовителя поставляются компрессоры, заполненные маслом. Как правило, этого количества масла недостаточно для нормальной работы системы, поэтому многие механики перед первым пуском в эксплуатацию масло доливают и при пробных пусках контролируют его количество по стеклу на картере компрессора. Ориентировочно добавочный объем масла (сверх объема заполнения картера, маслоотделителя) должен составлять 3–5 % от количества хладагента в системе. При использовании полиэфирных

масел с новыми хладагентами этот объем равен 2–3 %. Однако избыток масла может привести к повреждению деталей компрессоров из-за гидравлических ударов, а также к потере холодопроизводительности из-за скопления масла в испарителе.

Холодильщики из-за специфики своего оборудования используют для монтажа весьма разнообразный инструмент, так как при монтаже малых холодильных установок зачастую один и тот же специалист производит установку оборудования, пайку трубопроводов, присоединение электрокабелей, заправку системы и пусконаладочные работы. Для выполнения этих работ необходимо с одинаковым мастерством пользоваться практически всеми общепромышленными инструментами и большим числом специальных.

Существует большой ассортимент профессионального инструмента: ручной и с электроприводами, сварочный и электромонтажный, паечный и специнструмент. Но инструмент, производимый только одной специализированной фирмой, не может решить весьма разнообразные и специфические задачи, встающие перед холодильщиком. В связи с этим используется часть инструмента, производимого специально для холодильщиков, часть – сантехнического, некоторые инструменты – из автомобильных наборов, профессиональный электротехнический инструмент, дрели, перфораторы и отрезной инструмент общепромышленного назначения; газопаячное и газорезательное оборудование (общепромышленного назначения и специфическое).

Пайку медных и стальных трубок осуществляют твердыми припоями, обеспечивающими прочность и плотность шва. Преимущественное распространение получил серебряный припой ПСр–45. Для пайки применяют флюс № 209 или флюс с фтористым калием. Алюминиевые узлы (испарители и конденсаторы) соединяют с медными трубопроводами через переходные медноалюминиевые патрубki. Алюминиевую сторону такого патрубка приваривают к испарителю (конденсатору) аргонодуговой сваркой, медную – к трубкам припоем ПСр–45. При пайке ядро пламени держат на расстоянии 3–6 мм в соответствии с толщиной деталей. При пайке двух медных труб медно-фосфорным припоем уменьшающееся пламя горелки и черный окисный налет указывают на избыточное количество кислорода. Для пайки одну трубу вставляют в другую так, чтобы она входила на длину не менее диаметра внутренней

трубы. Между стенками внутренней и наружной труб должен быть зазор 0,025–0,125 мм. Соединяемые трубы нагревают равномерно по всей окружности и длине соединения. Если внутренняя труба разогрета до температуры пайки, а наружная труба имеет более низкую температуру, то расплавленный припой не затекает в зазор между соединяемыми трубами и перемещается в направлении источника теплоты (рис. 5.5, а). При вводе припоя и пламени горелки в зону пайки одновременно соединение нагревается неудовлетворительно. Внутренняя труба не прогревается достаточно, и расплавленный припой также не будет затекать в зазор между соединяемыми трубами (рис. 5.5, б). Равномерно разогревая всю поверхность концов спаиваемых труб, припой плавится под воздействием их теплоты и поступает в зазор соединения (рис. 5.5, в).

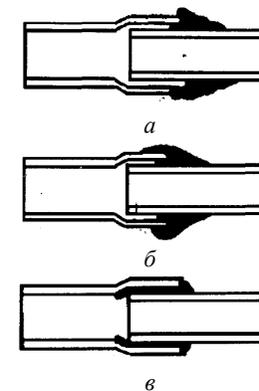


Рис. 5.5. Распределение припоя в соединении труб:

а – внутренняя труба разогрета до температуры пайки, а наружная имеет более низкую температуру; б – наружная труба разогрета до температуры пайки, а внутренняя имеет более низкую температуру; в – обе трубы разогреты равномерно до температуры пайки

При газовой пайке алюминиевых тонкостенных деталей (толщина менее 1 мм) могут возникнуть прожоги и провалы, так как при температуре 400 °С прочность алюминия снижается. При нагреве до температуры плавления алюминий практически не меняет своего цвета, поэтому трудно определить границы холодного и нагретого металла и степень нагрева металла. Для осуществления пайки места с точечной коррозией необходимо разрушить пленку

окислов. Температура плавления окислов алюминия – 2050 °С, т. е. почти равна температуре кипения алюминия (2060 °С). Температура плавления алюминия – 660 °С (а сплавов – еще меньше), поэтому простым тепловым воздействием разрушить пленку окислов практически невозможно. Температура плавления других припоев, применяемых для пайки алюминия, также ниже 660 °С. Поэтому при пайке и сварке алюминия применяют специальные флюсы, разрушающие тугоплавкие оксидные пленки алюминия. Флюсы состоят главным образом из сплавов хлористых и фтористых солей щелочных и редкоземельных металлов и их природных соединений, например, креолита.

## 5.2. Диагностика холодильного контура

### 5.2.1. Диагностика механических элементов

Диагностирование – это процесс обнаружения и поиска дефектов и неисправностей, допущенных при монтаже и эксплуатации в целях определения технического состояния молокоохладительной установки. Оно осуществляется на основании сравнения параметров фактического режима с номинальными параметрами режима. При эксплуатации холодильной системы необходимо периодически контролировать ее рабочие параметры. Перечень контролируемых параметров и периодичность их проверки приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Контролируемые параметры холодильной установки

Наименование параметра	Значение	Место контроля	Периодичность контроля		
			1 раз в день	1 раз в неделю	1 раз в месяц
1	2	3	4	5	6
Температура в охлаждаемом объеме	В соответствии с проектом	Охлаждаемый объем	+		
Состояние испарителя	В соответствии с проектом	Испаритель	+		

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
Уровень хладагента в ресивере	Не ниже смотрового стекла	Смотровое стекло на ресивере		+	
Контроль расхода и влажности хладагента	Отсутствие пузырей и зеленый цвет	Смотровое стекло на жидкостной магистрали		+	
Частота пусков компрессора	Не более семи пусков в час	Компрессор		+	
Уровень масла в картере компрессора	Не ниже $\frac{1}{4}$ и не выше $\frac{3}{4}$ смотрового стекла	Смотровое стекло на компрессоре		+	
Прозрачность и чистота масла					+
Температура нагнетания	Не выше 130 °С	Трубопровод нагнетания компрессора			+
Давление нагнетания		Запорный вентиль			+
Давление всасывания		Запорный вентиль			+
Перегрев на всасывании	Не ниже 8 К и не выше 20 К	Всасывающий трубопровод			+

Все неисправности, возникающие в процессе эксплуатации молокоохладительных установок, можно разделить на две основные группы: неисправности электрической схемы и неисправности механической части агрегатов. Перегрузки, возникающие в электрических схемах, могут быть следствием короткого замыкания обмотки электродвигателя, пробоя изоляции, перегорания контактов пускателя, перетянутого ремня вентилятора, заклинивания подшипников (табл. 5.2).

Проверку предохранителей осуществляют либо в электрической схеме вольтметром, либо вне схемы – омметром. Напряжение проверяют на клеммах каждого предохранителя. Вынутый из схемы предохранитель проверяют омметром на замкнутость цепи между его концами (рис. 5.6).

Таблица 5.2

Последовательность диагностирования электрооборудования  
холодильных установок

Операция	Средство контроля	Заключение
Внешний осмотр изоляции обмоток статора электродвигателя	–	При наличии механических повреждений обмотку ремонтировать
Измерение сопротивления обмоток статора и ротора	Мост постоянного тока Р-333	При величинах сопротивлений фаз обмоток, отличающихся друг от друга более чем на 5 %, обмотки ремонтировать
Измерение сопротивления изоляции обмоток статора и ротора относительно корпуса и межфазного сопротивления	Мегомметр М4100/3	При сопротивлении изоляции меньше 4 Мом обмотки высушить
Определение межвитковых замыканий обмоток статора и ротора	Аппарат ВИФ-5-3	При обнаружении межвитковых замыканий электродвигатель ремонтировать
Измерение величины токов утечек изоляции обмоток статора и ротора	Источник напряжения постоянного тока ВС-23, микроамперметр М-95, шунт Р-4	При несоответствии требованиям (ток утечки выше допустимого значения, коэффициент асимметрии больше 2 и т. д.) электродвигатель отправить на капитальный ремонт
Определение состояния контактных колец, щеткодержателей, щеток	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	При биении более 0,3 мм контактные кольца ремонтировать
	Динамометр ДПУ-0,01-2,0	Изношенные щетки заменить
	Индикатор часового типа ИЧ-10	Сила нажатия щеток и величина зазора между щеткодержателем и кольцами должны соответствовать норме
	Прибор КИ-4850-ГОСНИТИ	Подшипники с зазором более допустимого подлежат замене

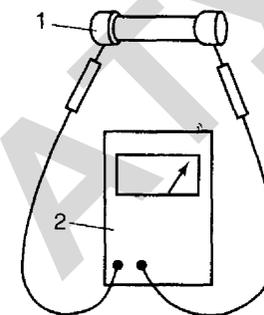


Рис. 5.6. Диагностика плавкого предохранителя:  
1 – предохранитель; 2 – омметр

Неисправные электрические соединения определяют визуально (рис. 5.7). При обнаружении неисправности производят ремонт или замену проводов или клемм.

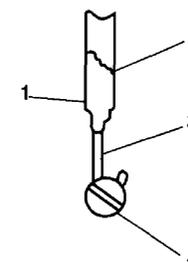


Рис. 5.7. Диагностика электрического соединения:  
1 – перегоревшая и хрупкая изоляция; 2 – обесцвеченная изоляция;  
3 – обесцвеченный и хрупкий провод; 4 – клемма

Низкое напряжение на клеммах электродвигателя может стать причиной его перегрева или повреждения обмотки. Перегрев происходит при избыточной величине тока. Причиной низкого напряжения может быть малое сечение питающих проводов или ослабленное соединение их в клеммах. Для проверки напряжения вольтметр подключают к клемме нулевого провода и клемме рабочей обмотки двигателя компрессора (рис. 5.8). Включают агрегат и фиксируют напряжение. Оно не должно отличаться более чем на 10 % от номинального значения. Если напряжение ниже, то проверяют сечение провода. Оно должно соответствовать рекомендациям завода – изготовителя

компрессора. Если сечение провода соответствует рекомендациям, а напряжение низкое, то необходимо проверить, нет ли в схеме ослабленных соединений. Их определяют по перегреву или подгоранию изоляции провода.

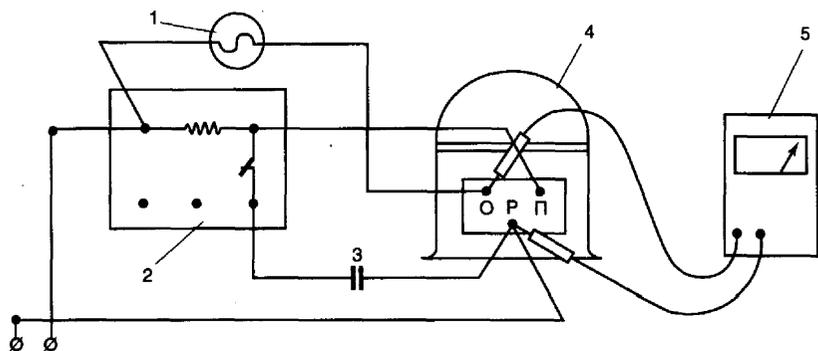


Рис. 5.8. Проверка напряжения на клеммах компрессора:  
1 – защитное реле; 2 – пусковое реле напряжения; 3 – пусковой конденсатор;  
4 – компрессор; 5 – вольтметр

Неисправности в электрической схеме компрессора связаны с нарушениями в электродвигателе и могут быть следствием обрыва обмотки, межвиткового замыкания или замыкания обмотки на корпус. Проверку электродвигателя осуществляют омметром или микроомметром. Выход из строя электродвигателя компрессора происходит в результате нарушения качества изоляции провода обмотки. Витки обмотки замыкаются либо между собой, либо происходит их замыкание на корпус. В результате электродвигатель перегревается и перегорает. Для проверки отсоединяют подводящие провода от электродвигателя и определяют обрыв в обмотке омметром (рис. 5.9). Омметр устанавливают на нуль и поочередно проверяют цепи между клеммами. При обрыве в обмотке омметр показывает сопротивление «бесконечность».

При ухудшении качества изоляции проводов обмотки может происходить замыкание витков между собой. Электродвигатель продолжает работать, но потребляет большой ток, что приводит к перегреву его корпуса. Обнаружение короткозамкнутой обмотки производят омметром (рис. 5.10) на электродвигателе компрессора с отсоединенными подводящими проводами.

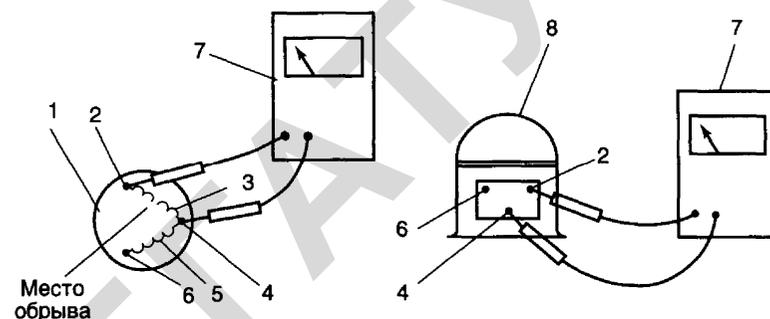


Рис. 5.9. Определение обрыва в обмотке электродвигателя герметичного компрессора:  
1 – электродвигатель; 2, 4, 6 – клеммы обмоток электродвигателя; 3 – обмотка, имеющая обрыв; 5 – целая обмотка; 7 – омметр; 8 – компрессор

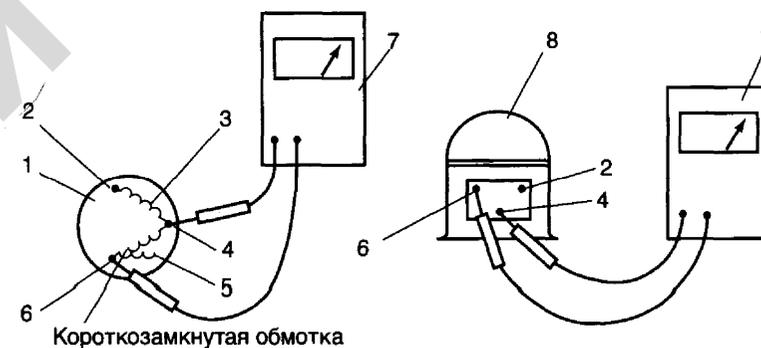


Рис. 5.10. Проверка короткозамкнутой обмотки электродвигателя герметичного компрессора:  
1 – электродвигатель; 2, 4, 6 – клеммы обмоток электродвигателя;  
3 – целая обмотка; 5 – короткозамкнутая обмотка; 7 – омметр; 8 – компрессор

С помощью омметра проверяют цепи между клеммами, а также между клеммами и корпусом (рис. 5.11). В короткозамкнутой обмотке сопротивление меньше стандартной величины. Если обмотка не замыкает на корпус, то показания омметра между корпусом и клеммами обмоток будут соответствовать «бесконечности».

При нарушении изоляции обмотки может происходить ее замыкание на корпус (рис. 5.12). Электродвигатель выходит из строя, предохранители перегорают, отключается автоматический выключатель. Обнаружение пробоя обмотки на корпус производят омметром.

Отсоединяют все провода от клемм электродвигателя компрессора и последовательно проверяют цепь между корпусом и каждой клеммой. В случае пробы омметр покажет наличие сопротивления в цепи.

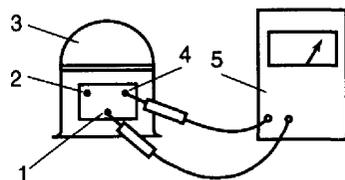


Рис. 5.11. Проверка сопротивления обмотки электродвигателя: 1, 2, 4 – клеммы электродвигателя; 3 – компрессор; 5 – омметр

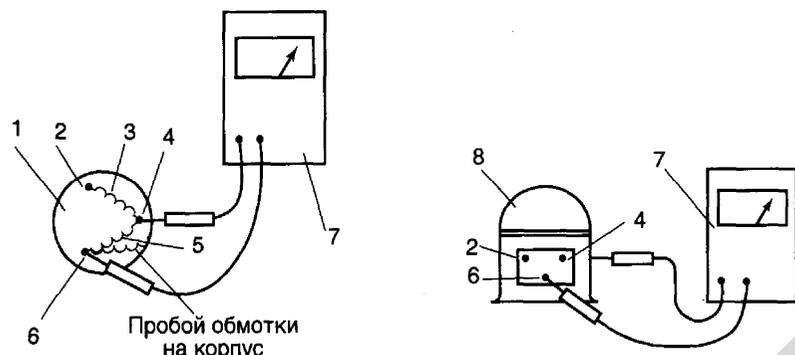


Рис. 5.12. Определение замыкания обмотки электродвигателя герметичного компрессора на корпус:

1 – электродвигатель; 2, 4, 6 – клеммы обмоток электродвигателя; 3 – целая обмотка; 5 – обмотка, замкнутая на корпус; 7 – омметр; 8 – компрессор

Техническое состояние механических элементов холодильных установок оценивается путем внешнего осмотра и по наличию несвойственных шумов и стуков, по работе смазочной системы, перепаду давления после масляного насоса и на нагнетании компрессора, срабатыванию приборов защитной автоматики (табл. 5.3). В качестве основного диагностического параметра приняты температура, измеренная в различных местах установки, а также потребляемая мощность и шумовая характеристика. Температуру измеряют с помощью

ртутного термометра и измерителя температур. Срабатывание датчиков реле температуры, входящих в состав холодильного компрессора, следует проверять погружением термобаллона реле в среду контрольной температуры.

Таблица 5.3

Диагностирование контрольно-измерительных приборов и приборов защитной автоматики холодильных установок

Наименование и марка прибора	Контролируемый параметр	Значение
Датчик реле давления Д-220-А13	Давление всасывания	0,01 МПа
	Давление нагнетания	1,6 МПа
Датчик-реле разности давлений РКС1А-О1	Разность давления масла в системе смазки компрессора	0,17 МПа
Датчик реле температуры ТР-ОМ5-09	Температура нагнетания	95 °С
Датчик реле температуры ТР-ОМ5-04	Температура масла	55 °С
Датчик реле температуры ТР-ОМ5-03	—«—	15 °С
Предохранительный клапан 026.170	Защита компрессора	1,6 МПа
Предохранительный клапан 25АПК-18	Защита маслоотделителя	1,8 МПа

Параметры режима работы холодильной установки характеризуют величины давлений и температур. Измерение давления требует проникновения внутрь холодильного контура, а измерение температуры производится снаружи. Поэтому при устранении неисправностей рекомендуется, прежде всего, обращать внимание на рабочие значения температур (а не давлений), поскольку они не зависят от вида используемого хладагента.

Признаками низкой пропускной способности терморегулирующего вентиля являются высокий перегрев и слабое переохлаждение хладагента (рис. 5.13). Повышенный перегрев указывает на нехватку жидкости в испарителе. Признаком слабого испарителя является аномальное падение, а слабого компрессора – аномальный рост давления кипения. Слабый конденсатор вызывает рост давления конденсации и ухудшает переохлаждение. В предельных случаях

можно даже наблюдать прохождение паровых пузырей в смотровом стекле на выходе конденсатора, хотя заправка хладагента нормальная.

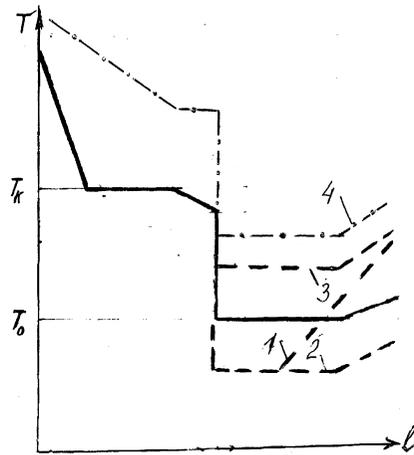


Рис. 5.13. Температурные признаки пониженной производительности узлов:  
1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3 – компрессор; 4 – конденсатор;  
 $T_0$  – температура кипения;  $T_k$  – температура конденсации;  $l$  – длина контура

Когда трубопровод деформирован, то на участке после места смятия образуется конденсат или слой инея (рис. 5.14).

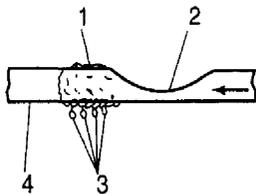


Рис. 5.14. Гидромеханические признаки преждевременного дросселирования:  
1 – конденсат; 2 – место смятия; 3 – капли воды; 4 – трубопровод

Закупорка жидкостной линии вызывает перепад температур (рис. 5.15). Температура дросселирующего хладагента снижается вследствие увеличения потенциальной энергии взаимодействия молекул (поскольку расстояния между ними увеличиваются) за счет кинетической энергии. Замедление теплового движения молекул снижает температуру расширяющегося газа.

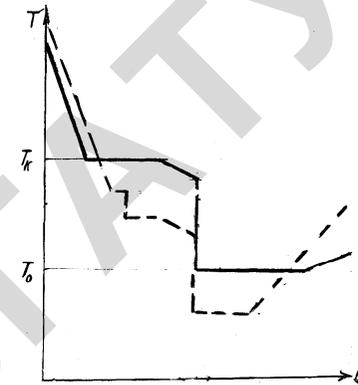


Рис. 5.15. Температурные признаки преждевременного дросселирования:  
 $T_0$  – температура кипения;  $T_k$  – температура конденсации;  $l$  – длина контура

Внешними проявлениями износа компрессора являются нагрев корпуса и возникновение характерных стуков. Температурным признаком (рис. 5.16) разрушения всасывающего клапана левого цилиндра является умеренный нагрев головки блока цилиндров с его стороны и повышенный – со стороны нагнетательного вентиля. После остановки компрессора пары хладагента проникают в испаритель, повышая давление в нем. В результате натекания в испаритель паров хладагента после остановки компрессора при закрытом жидкостном вентиле ресивера давление в испарителе повышается медленнее.

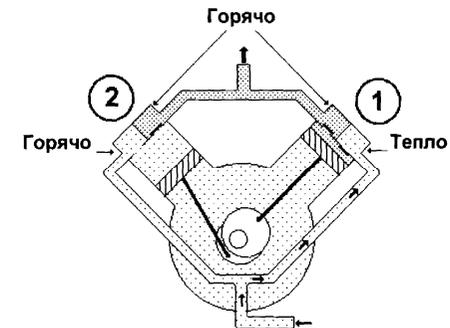


Рис. 5.16. Органолептические признаки разрушения всасывающего клапана

Отказ нагнетательного клапана, вызывая повторное попадание и сжатие горячего пара хладагента, повышает температуру (до 140 °С) крышки блока цилиндров. После остановки компрессора давление всасывания повышается за счет выделения паров хладагента из масла, находящегося в картере компрессора, а затем – за счет проникновения паров хладагента под поршень через зазоры в поршневых кольцах. Например, глухой стук в цилиндре свидетельствует об износе поршня и цилиндра (рис. 5.17).

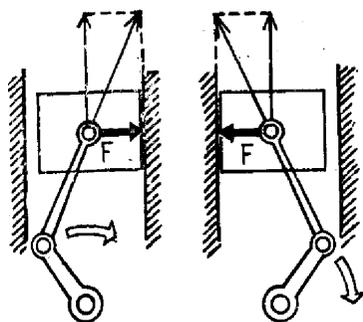


Рис. 5.17. Схема возникновения стука в цилиндре

Признаком износа подшипников является возникновение прерывистого шума при его работе и падение давления масла. Износ подшипника вызывает утечку масла и нарушение жидкостного трения. Невращающийся вал опирается непосредственно на подшипник. При вращении с небольшим числом оборотов шейка вала увлекает за собой слой масла из зазора и создает «масляный клин». С увеличением числа оборотов давление, создаваемое масляным клином, повышается и приподнимает вал, который перестает соприкасаться с поверхностью подшипника и «плавает» в масле. Наличие «масляного клина» возможно только в том случае, если первоначальный зазор  $S_{нач}$  (рис. 5.18) выдержан в определенных пределах, а подшипник и шейка вала имеют правильную цилиндрическую форму, причем подача смазки будет производиться в малонагруженной зоне подшипника. При длительной эксплуатации машин вкладыши в подшипниках скольжения срабатываются. В результате износа подшипника ось вала в подшипнике понижается, и угол соприкосновения его с нижним вкладышем вместо 60–80° становится

примерно 120°. При таком положении «масляный клин» не обеспечивает подачу масла под вал, и начинается усиленный износ трущейся пары шейки вала и вкладыша подшипника.

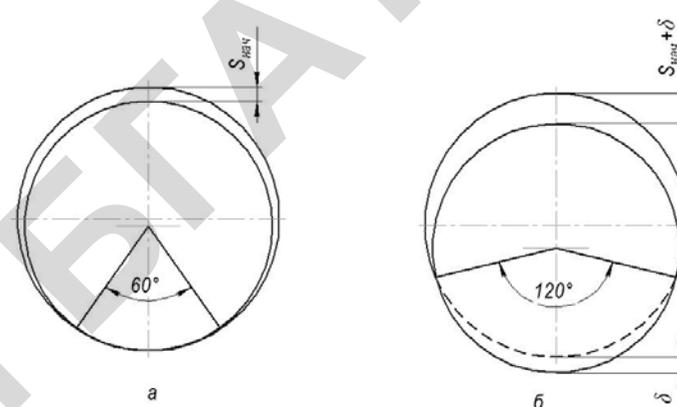


Рис. 5.18. Износ подшипников скольжения:  
а – подшипник до износа; б – после износа

Предельно допустимым считается зазор, при котором поверхности вала и подшипника начнут касаться друг друга, т. е. произойдет нарушение жидкостного трения. Практически в большинстве конструкций допускают максимальное увеличение первоначального зазора в 2–3 раза, после чего подшипник ремонтируют. В разъемных подшипниках зазор восстанавливают при помощи прокладок (рис. 5.19).

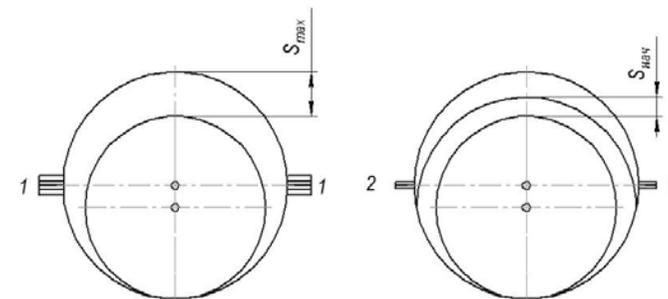


Рис. 5.19. Регулировка зазора в подшипниках прокладками:  
1 – прокладка большой толщины (зазор максимальный); 2 – толщина прокладок уменьшена (восстановлен начальный зазор)

Неравномерный износ шеек коленчатого вала вызывает по сечению овальность, по образующей – конусность шеек. Когда наибольший диаметр овальной шейки вала при вращении ее в коренном подшипнике расположен вертикально (рис. 5.20), ось шейки вала находится в точке  $O_1$ . Если наименьший диаметр расположен вертикально, то ось шейки будет находиться в точке  $O_2$ . Таким образом, вал, прижимаясь к нижнему вкладышу коренного подшипника, будет бить на величину:

$$O_1O_2 = \frac{d_1 - d_2}{2} = S'' \quad (5.1)$$

При односторонней овальности нескольких шеек вал будет бить на указанную величину  $S''$  по всей длине. Такое биение вала не только нарушает плавность работы машины, но и вызывает вибрацию машины и приводит к быстрой разработке коренных подшипников, сопровождаемой глухим стуком. Если коленчатый вал опирается конусной шейкой на нижний вкладыш коренного подшипника (рис. 5.21), то движущая сила  $P$  при действии на наклонную поверхность конусной шейки порождает силу  $P_2$ . Последняя стремится сдвинуть вал по наклонной поверхности вкладыша в сторону большего диаметра шейки. Такое же распределение сил произойдет и при нажиме конусной шейки вала на верхнюю половину вкладыша подшипника. Если несколько коренных шеек будут иметь конусность, направленную в ту же сторону, то вал во всех подшипниках отожмется в одну сторону и создаст значительное осевое усилие на упорный подшипник компрессора. При перемещении вала в сторону меньшего диаметра шейки зазор в подшипнике уменьшится, и последний будет нагреваться. При перемещении вала в сторону большего диаметра шейки зазор увеличится, вызовет большую утечку масла, а также нагрев и подплавление подшипника.

Движущая сила  $P$ , действуя на наклонную поверхность шатунной шейки, создает силу  $P_2$ , которая сдвигает шатунный подшипник вдоль шейки в сторону меньшего диаметра (рис. 5.22). Таким образом, возникает перекосяк в шатунном подшипнике, который в свою очередь приводит к перекосяку поршня в цилиндре. Наличие указанных дефектов вызывает быструю утечку масла из подшипника и приводит к преждевременному износу шейки вала и других деталей.

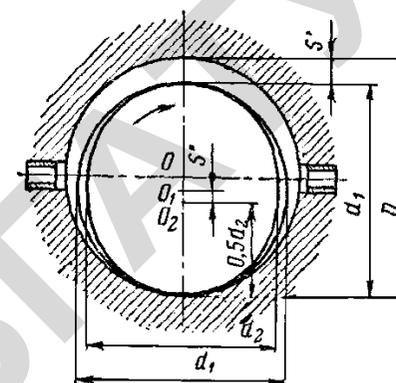


Рис. 5.20. Положение оси овальной шейки коленчатого вала при вращении ее в подшипнике

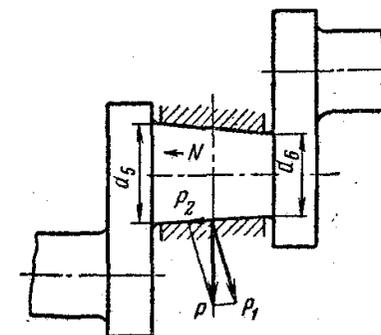


Рис. 5.21. Расположение конусных шеек вала коренной шейки

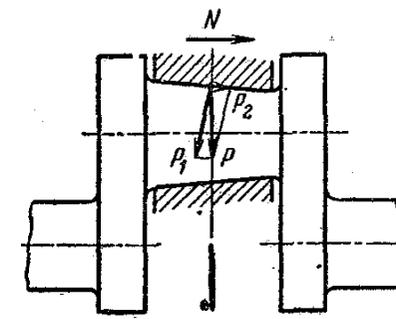


Рис. 5.22. Расположение конусных шеек вала шатунной шейки

Смещение оси (рис. 5.23) коренной шейки  $O'O'$  от геометрической оси  $OO$  коленчатого вала (допускается в пределах 0,02–0,03 мм) может произойти параллельно оси или с наклоном вследствие прогиба вала или при неправильной обработке его на станке. Большая величина смещения коренной шейки вызывает прогиб и поломку вала.

Непараллельная шатунная шейка вызывает «перекладку» шатуна, усиливает нагрев и ускоряет износ подшипника верхней головки шатуна (рис. 5.24).

Дребезжащий стук в цилиндре свидетельствует об изношенности поршневых колец, стук маховика – нарушении посадки деталей на валу. Нормальная работа кольца возможна только при достаточно свободном его перемещении в канавке, что обеспечивается оптимальным зазором между внутренней поверхностью поршневого кольца и дном канавки (радиальный зазор  $b$ ), а также между торцовыми поверхностями кольца и поршневой канавки (осевой зазор  $a$ , рис. 5.25).

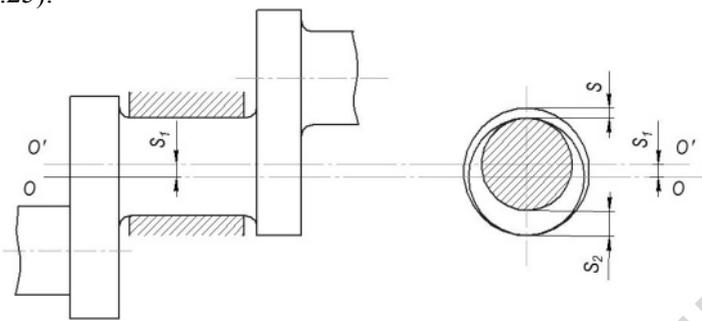


Рис. 5.23. Смещение оси коренной шейки коленчатого вала от геометрической оси вала

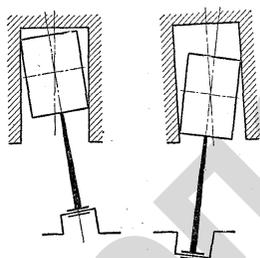


Рис. 5.24. Перекосы шатуна при его верхнем и нижнем положениях

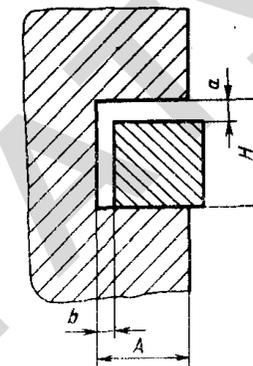


Рис. 5.25. Зазоры между канавкой и кольцом:  
 $A$  – глубина канавки;  $H$  – ширина канавки;  $a$  – осевой зазор;  
 $b$  – радиальный зазор

Малый осевой зазор между ручьем поршня и кольцом может вызвать заклинивание кольца, а большой – удары кольца о поверхность ручья, что ведет к износу торцовых поверхностей ручья, быстрому выходу колец из строя, а также большому выносу масла.

### 5.2.2. Диагностика жидких и газообразных компонентов

Определяют недостаток хладагента с помощью смотрового стекла, по переохлаждению жидкости и по перегреву пара хладагента. Устойчивый поток пузырьков в смотровом стекле указывает на недостаточное количество хладагента в системе. Если пузырьки появляются периодически, то следует оставить установку включенной и проверить, не исчезнут ли пузырьки. Если пузырьки остаются, то в системе недостаточное количество хладагента. Большой перегрев и слабое переохлаждение означает недостаток жидкости и в испарителе и в конденсаторе, следовательно, малое количество хладагента в контуре (рис. 5.26).

Недостаток хладагента вынуждает компрессор непрерывно работать. Утечка пятой части заправленного хладагента (до 20 %) сохраняет нормативную работоспособность холодильного агрегата. Уменьшение количества хладагента на 20–30 % понижает давление в испарителе, увеличивает перегрев пара и продолжительность охлаждения. Потеря 60–70 % хладагента препятствует достижению

требуемой температуры охлаждения. В этом случае давление нагнетания низкое, а жидкий хладагент в конденсаторе отсутствует. Признаком нормальной величины заправки хладагентом является величина переохлаждения. Слабое переохлаждение – заправка недостаточна. Сравнивают температуру жидкостного трубопровода (рис. 5.27) с температурой конденсации. Температура жидкостного трубопровода должна быть примерно на  $2^{\circ}\text{C}$  ниже температуры конденсации. Если температура трубопровода ниже температуры конденсации менее чем на  $2^{\circ}\text{C}$ , то в систему необходимо добавить хладагент.

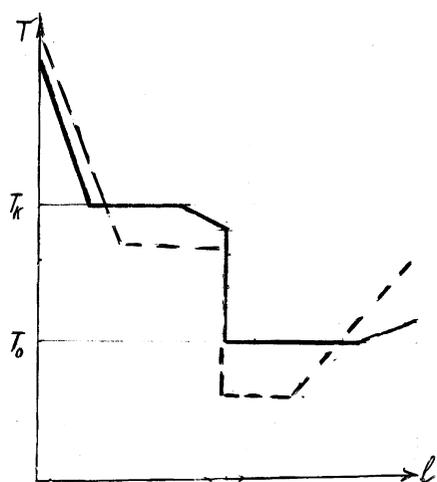


Рис. 5.26. Температурные признаки недостатка хладагента в контуре:  $T_0$  – температура кипения;  $T_k$  – температура конденсации;  $l$  – длина контура

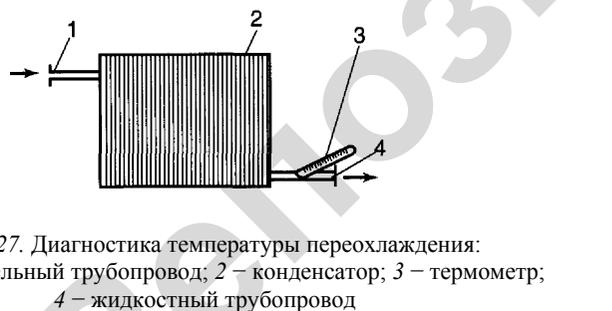


Рис. 5.27. Диагностика температуры переохлаждения: 1 – нагнетательный трубопровод; 2 – конденсатор; 3 – термометр; 4 – жидкостный трубопровод

При использовании способа перегрева пара хладагента закрепляют термометр на всасывающем трубопроводе на расстоянии 15 см от компрессора. Термометр (рис. 5.28) закрепляют на среднем калаче испарителя. Если имеется всасывающий штуцер, то определяют разность между температурой всасывающего трубопровода и температурой насыщения, эквивалентной давлению всасывания при работающем агрегате. Температуру насыщения определяют по таблице параметров хладагента в состоянии насыщения. Если всасывающего штуцера нет, то проверяют разность температур с помощью двух термометров. Разность температур должна составлять примерно  $11\text{--}17^{\circ}\text{C}$ . Значительный перегрев свидетельствует о недостатке хладагента, а перегрев менее  $7^{\circ}\text{C}$  – о его избытке.

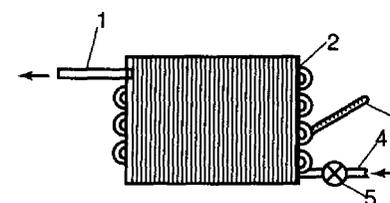


Рис. 5.28. Диагностика перегрева пара: 1 – всасывающий трубопровод; 2 – испаритель; 3 – термометр; 4 – жидкостный трубопровод; 5 – вентиль

Места утечки хладагента определяют обмыливанием, по следам масла, галоидными лампами, полимерными индикаторами, флуоресцирующими добавками. Появление масляных подтеков на изношенных сальниковых уплотнениях компрессоров свидетельствует о возможных утечках хладагента, поскольку вязкость масла значительно выше вязкости хладагента (рис. 5.29).

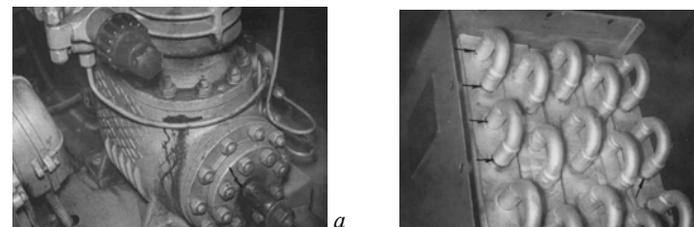


Рис. 5.29. Места утечек хладагента: а – сальник; б – калач конденсатора

Уплотнения, работающие под давлением, могут под вакуумом работать по-другому. На рис. 5.30 изображено подключение развальцованной медной трубки к ниппельному наконечнику с плохо закрученной гайкой, что в итоге должно приводить к негерметичности. Если контур находится под вакуумом, наружное давление прижимает развальцовку к ниппелю. Проход для воздуха ничтожный, негерметичность не обнаруживается. Если же контур находится под давлением, то оно отжимает фланец трубки от ниппеля. Утечка становится значительной и легко обнаруживается. Кроме того, воздух менее текуч, и соединение, выдержавшее вакуум в течение длительного времени, даст течь после заправки хладагентом.

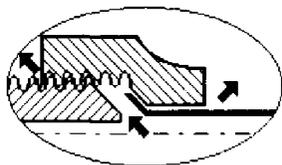


Рис. 5.30. Утечка через уплотнение при повышенном давлении

Флюоресцирующие добавки, вводимые в систему, проявляют течи, просвечиваемые ультрафиолетовой лампой. Полимерные индикаторы герметичности, добавляемые к хладагентам, в местах неплотности образуют красные пятна, а мыльные растворы или жидкая пластмасса – пузырьки (рис. 5.31).

Определение мест утечек хладагента галоидными лампами основано на изменении цвета пламени при сгорании топлива (спирта или пропана) в присутствии фтор- или хлорсодержащих газов (рис. 5.32). При отсутствии в воздухе, поступающем через шланг, пара хладагента пламя имеет голубой цвет. Если в воздухе имеется пар хладагента, то при температуре 600–700 °С происходит разложение хладагента с образованием хлористого и фтористого водорода. Эти газы в присутствии раскаленной меди окрашивают пламя в цвет, зависящий от объемной концентрации хладагента, проходящего через шланг (до 0,1 % – темно-зеленый; 1,0 % – зелено-синий; более 1,0 % – ярко-голубой). Галоидную лампу не следует использовать для фреоновых установок, которые работают на холодильных агентах, не содержащих хлор (R134A и R404A), так как она реагирует на хлор, не содержащийся в таких агентах.

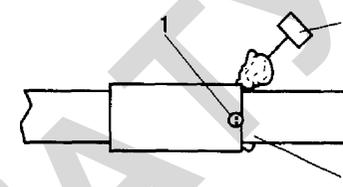


Рис. 5.31. Обнаружение мест утечки хладагента мыльной пеной:  
1 – пузырек; 2 – сосуд; 3 – место утечки

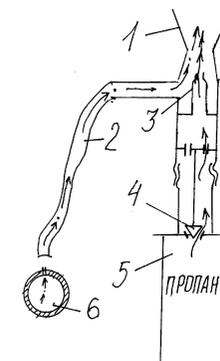


Рис. 5.32. Обнаружение мест утечки хладагента галоидной лампой:  
1 – диффузор; 2 – шланг; 3 – дроссель; 4 – клапан; 5 – емкость; 6 – объект

Чувствительность галоидных детекторов основана на эмиссии положительных ионов. В них используется платиновый анод, разогреваемый до высокой температуры (800–900 °С). Раскаленная платиновая спираль вкладывается в цилиндрические катоды, которые улавливают положительно заряженные ионы. Когда ионное течение усиливается, появляется умеренный звуковой сигнал (рис. 5.33). Ионный ток измеряется усилителем 3. Воздух вместе с галоидными, выходящими из камеры, засасывается в датчик вентилятором 4.

Избыток хладагента в системе повышает давление конденсации и кипения хладагента (рис. 5.34), снижает перегрев паров и вынуждает компрессор работать частыми короткими циклами. Из-за избыточного количества хладагента в системе половина труб конденсатора будет холоднее остальных. Высокое давление конденсации увеличивает величину сопротивления при сжатии паров хладагента. Компрессор потребляет из электросети большее количество энергии

(через электродвигатель протекает большой ток). Прирост давления нагнетания на величину, эквивалентную повышению температуры конденсации на  $1^{\circ}\text{C}$ , соответствует росту потребляемой электроэнергии примерно на 3%. Охлаждение электродвигателя герметичного компрессора ухудшается, температура корпуса компрессора повышается (возможен выход из строя обмотки электродвигателя), повышается также температура масла в картере компрессора и температура на нагнетательной линии. Сильное переохлаждение указывает на избыток хладагента.

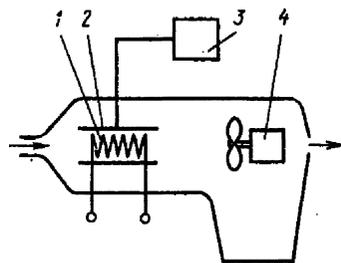


Рис. 5.33. Галогенный теческатель:

1 – платиновая спираль; 2 – электрод; 3 – усилитель; 4 – вентилятор

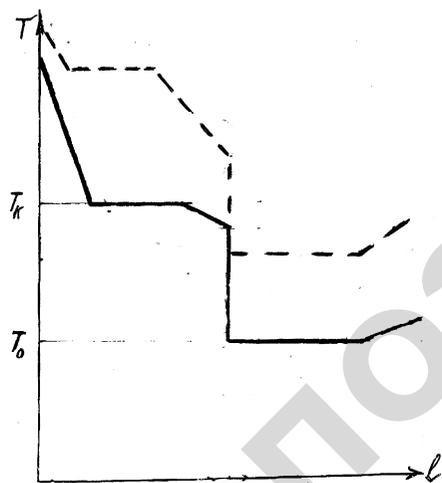


Рис. 5.34. Температурные признаки избытка хладагента:

$T_0$  – температура кипения;  $T_k$  – температура конденсации;  $l$  – длина контура

Последствие наличия влаги – замерзание ее в проходном сечении терморегулирующего вентиля. Терморегулирующий вентиль обмерзает, и компрессор останавливается. При нагреве терморегулирующего вентиля лед тает, клапан открывается, и компрессор включается. Частые пуски и остановки компрессора вместе с обмерзанием терморегулирующего вентиля являются внешними проявлениями этой неисправности. Ликвидацию ледяной пробки осуществляют прогревом корпуса терморегулирующего вентиля тканью, смоченной горячей водой. Эта операция производится после остановки компрессора и максимального ослабления регулировочным винтом усилия пружины терморегулирующего вентиля. Если после двух-трех попыток нагреть корпус терморегулирующего вентиля ледяная пробка в клапане все же образуется, то следует удалить влагу из хладагента путем замены адсорбента в фильтре-осушителе (иногда неоднократно). Если в системе имеется влага, то возможно образование в ней кислоты, которая может повредить компрессор и терморегулирующий вентиль, а также изоляцию обмоток электродвигателя в герметичном или бессальниковом компрессоре. Признаком образования кислоты в системе является омеднение стальных клапанов (рис. 5.35) и обесцвечивание масла.

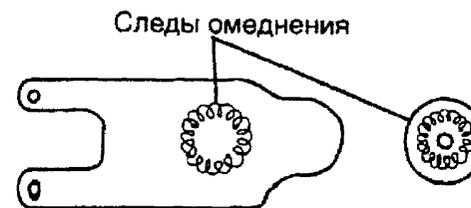


Рис. 5.35. Омеднение клапанов при наличии влаги в холодильном контуре

Содержание влаги в хладоне выявляют индикатором влажности, изменяющим окраску чувствительного элемента (зеленая или синяя – «сухо»; голубая – «предупреждение»; розовая – «влажно»). Импортные индикаторы влаги применяют для хладагентов R12, R22, R502, R134a, R404A, R407C, R507 и других смесей. Цветовые индикации следующие: голубой цвет – безопасный (нет воды в контуре, хладагент сухой и безопасный); светло-фиолетовый – предупреждение (следует заменить фильтр-осушитель, влага достигла уровня

растворимости); розовый – опасный (в системе опасная влажность). Другие индикации: обесцвеченный – система с чрезмерным количеством воды; темно-серый/черный цвет – проблемы с разделением и отделением воды.

Принцип действия кулонометрического влагомера основан на поглощении влаги пленкой сорбирующего вещества (фосфорного ангидрида  $P_2O_3$ ) из потока хладагента, подаваемого на чувствительный элемент влагомера (рис. 5.36). Поглощенная влага подвергается электролитическому разложению. Для этого к электродам чувствительного элемента подключен источник постоянного тока, величина напряжения которого превышает потенциал разложения воды. Ток электролиза является мерой абсолютного содержания влаги в анализируемом хладагенте.

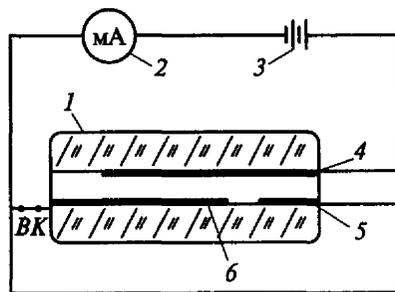


Рис. 5.36. Кулонометрический влагомер:

1 – корпус; 2 – измерительный прибор; 3 – источник постоянного тока; 4, 5, 6 – электроды; ВК – сорбирующая поверхность

В холодильной установке вместе с хладагентом могут находиться газы, не конденсирующиеся при тех температурах и давлениях, которые соответствуют работе установки. Воздух в систему холодильного агрегата попадает при утечке хладагента, образовании вакуума в испарителе и линии всасывания или при замене отказавшего узла с нарушением технологии технического обслуживания. Например, если после установки манометрического коллектора ремонтник не продул гибкие шланги, внутри них в коллекторе будет находиться воздух. Впоследствии, если возникнет необходимость использовать технологические вентили коллектора, например, для дозаправки установки, воздух, находящийся в гибких шлангах, может

попасть в контур. Кроме воздуха в системе могут быть и газы – продукты частичного разложения масла и хладагента.

В связи с тем, что в парах хладагента содержатся газообразные примеси, общее давление  $p$  в любой части системы складывается из парциальных давлений  $p_a$  хладагента и  $p_b$  воздуха, т. е.  $p = p_a + p_b$  (рис. 5.37). Парциальное давление пара хладагента  $p_a$  соответствующей части системы определяется температурой сред: охлаждаемой (в испарителе) и охлаждающей (в конденсаторе), т. е.  $p_a = f(t_a)$ , в то время как давление  $p_b$  пропорционально количеству воздуха, находящегося в данной части системы. Независимо от того, в какой части воздух попал в систему, он скапливается вблизи охлаждающей поверхности – конденсаторе. Накапливающийся в конденсаторе воздух вызывает постепенное повышение в нем общего давления, прежде всего, из-за возрастания парциального давления воздуха, которое является функцией объемной доли смеси  $r_b$ , так как  $p_b = r_b p$ .

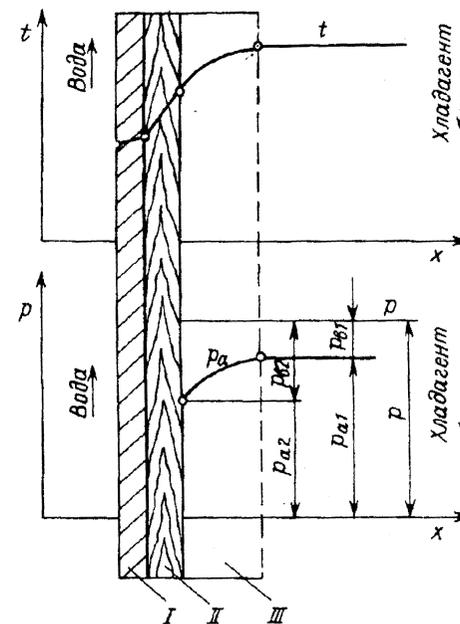


Рис. 5.37. Влияние неконденсирующихся газов на термодинамические параметры: I – стенка; II – пленка конденсата; III – паровоздушная пленка

Этим не ограничивается влияние воздуха на повышение давления в конденсаторе. Пары хладагента вынуждены диффундировать сквозь слой газа к поверхности конденсации. Воздух ухудшает теплопередачу от конденсирующегося пара к стенке трубы в связи с образованием газовой пленки *III* у поверхности конденсатора *II*, стекающего по стенке трубы *I*. Газовая пленка оказывается дополнительным термическим сопротивлением, вследствие чего в ней понижается температура, и температура у поверхности жидкой пленки отличается от температуры пара в основном потоке. Такое изменение температуры пара вызывает соответственное изменение парциального давления пара хладагента от  $p_{a1}$  в основном потоке до  $p_{a2}$  у поверхности пленки. Так как общее давление в аппарате одинаково, то уменьшение давления пара у поверхности жидкостной пленки сопровождается повышением парциального давления воздуха у этой поверхности  $p_{в2}$  по сравнению с давлением в основном потоке смеси  $p_{в1}$ .

По мере движения потока вдоль стенки навстречу движению воды парогазовая смесь соприкасается со стенкой трубы с относительно понижающейся температурой. Вследствие этого содержание воздуха у пленки конденсата в самой холодной зоне конденсатора оказывается в этих условиях наибольшим, а содержание пара – наименьшим. Присутствие неконденсирующихся газов в хладагенте ухудшает теплообмен при конденсации. Наличие 2,5 % воздуха в аппарате снижает коэффициент теплоотдачи примерно в 4 раза. Уменьшение коэффициента теплопередачи конденсатора (при той же его тепловой нагрузке) может быть компенсировано увеличением разности температур между хладагентом и водой. Это повышает температуру конденсации хладагента и связанного с ней парциального давления  $p_a$ . Таким образом, общее давление в конденсаторе при наличии воздуха повышается как от появления  $p_v$ , так и от увеличения  $p_a$ . Поэтому аномальный рост давления конденсации является первым следствием наличия значительного количества неконденсирующихся примесей в холодильном контуре. Ввиду того, что давление нагнетания возрастает, газ, заключенный в защемленном пространстве цилиндра при нахождении поршня в верхней точке, также будет иметь повышенное давление, снижая массовый расход газа, всасываемого компрессором, и, как следствие, его холодопроизводительность. Снижение холодопроизводительности обуславливает повышение температуры охлаждаемой среды и давления кипения.

В этом случае может возникнуть и опасный режим – как от возможного чрезмерного повышения давления в конденсаторе, так и от недопустимого повышения температуры паровоздушной смеси при сжатии ее в компрессоре.

Наличие воздуха подтверждает дрожание стрелки мановакуумметра (рис. 5.38) на нагнетательной линии, периодическое появление пузырей в смотровом стекле, а также шипение в терморегулирующем вентиле. Однако эти явления могут быть следствием и других причин. Например, стрелка мановакуумметра усиленно дрожит, когда проходное отверстие в трубке манометра открыто больше, чем допустимо. Пузыри на смотровом стекле могут появиться при ошибочной настройке терморегулирующего вентиля и утечке хладагента. Технология обнаружения воздуха в системе холодильной установки основана на перекачке хладагента из испарителя (избыточное давление – 0,01–0,02 МПа) в конденсатор и ресивер. По манометру определяют давление в нагнетательной линии. Если температура (рис. 5.38), соответствующая показаниям манометра высокого давления, больше чем на 2 °С превышает температуру, измеренную термометром, то в контуре имеются следы неконденсирующихся примесей (чем больше это расхождение, тем большее количество примесей находится в контуре).



Рис. 5.38. Температурный признак наличия неконденсирующихся примесей

Если температура, соответствующая показаниям манометра высокого давления (нагнетания), ниже температуры, измеренной термометром, на 2 °С и более, тогда в контуре нет ни одной молекулы хладагента в жидкой фазе (контур совершенно пустой).

### 5.2.3. Диагностика масляной системы

Смазочное масло внутри замкнутой магистрали холодильного агрегата циркулирует вместе с хладагентом. По характеру растворимости с маслами холодильные агенты бывают нерастворимые (растворимостью можно пренебречь), с ограниченной растворимостью и неограниченной растворимостью. Типичным представителем нерастворимых в маслах холодильных агентов является аммиак. В аммиаке масла тонут, во фреонах – всплывают. Большинство холодильных агентов смешиваются с маслами в ограниченном интервале температур, разделяясь на два слоя при достижении критической температуры.

Свойство хладагентов растворять смазочное масло усиливает его вынос из компрессора в систему. Масло, находящееся в картере отключенного компрессора, поглощает определенную часть хладагента. Образующаяся при запуске компрессора паромасляная эмульсия всасывается поршнями и затем нагнетается в конденсатор. В результате из компрессора в холодильный контур уходит большое количество масла. В холодильной установке, в которой обеспечивается возврат всего масла из всасывающей линии, независимо друг от друга должны выполняться соотношения:

$$\begin{cases} G_{a1} \xi_{m1} = G_{a2} \xi_{m2} \\ \xi_{m2} = \xi_{m3} = \xi_{m4} \end{cases} \quad (5.2)$$

где  $G_{a1}$  – количество раствора холодильного агента и масла, вытесняемого компрессором, кг/ч;

$G_{a2}$  – количество не испарившегося в испарителе холодильного агента в растворе;

$\xi_{m1}$  – концентрация масла в растворе на выходе из конденсатора;

$\xi_{m2}$  – концентрация масла в жидком растворе на выходе из испарителя;

$\xi_{m3}$  – концентрация масла в картере;

$\xi_{m4}$  – концентрация масла на выходе из компрессора.

Для выравнивания концентрации растворов во всасывающем трубопроводе и в картере компрессора необходимо доиспарить чистого агента в количестве:

$$\Delta G = G_{a2} \left( 1 - \frac{\xi_{m2}}{\xi_{m3}} \right). \quad (5.3)$$

Поскольку количество уносимого компрессором масла сравнительно мало зависит от режима работы машины ( $t_0$ ,  $t_k$ ), доля уносимого масла по отношению к количеству циркулирующего холодильного агента увеличивается с понижением  $t_0$ . По этой причине, а также с учетом ухудшения растворимости масла при низких температурах, обеспечение бесперебойной циркуляции масла в низкотемпературных холодильных машинах усложняется.

Уносимое масло не должно накапливаться в конденсаторе или ресивере. Этому условию в наибольшей степени удовлетворяют масла с неограниченной растворимостью в холодильном агенте при температурах конденсации. К таким маслам, используемым в сочетании с R22, принадлежит ХФ22с-16, ХФ22-24, ХМ35, ХСН40, ПФГОС4. При использовании масел с ограниченной растворимостью в области температур конденсации возможно залегание масла в конденсаторе, особенно при узкой левой области на кривой расслоения.

Возврат масла из испарителей происходит лучше всего у масел с неограниченной растворимостью при заданных температурах кипения холодильной машины. Условия для возврата улучшаются при использовании маловязких масел, поскольку они легче захватываются потоком всасываемого холодильного агента. Для возврата масла из испарителя в компрессор большое значение имеют характеристики раствора, насыщенного холодильным агентом в перегретом состоянии. На входе в испаритель масло растворяется в холодильном агенте, при этом вязкость раствора близка к вязкости чистого холодильного агента. По мере того, как жидкий холодильный агент проходит испаритель, он нагревается. К концу кипения остается насыщенное холодильным агентом масло. Подогрев должен быть таким, чтобы вязкость масла (раствора) оказалась достаточно низкой для возврата в компрессор. Участок трубопровода, на котором

вязкость достигает максимального значения, определяет возможность или невозможность возврата масла.

Изменение вязкости масла в картере компрессора подчиняется сложной зависимости. При заданном постоянном давлении в картере содержание холодильного агента в масле увеличивается с понижением температуры, и вязкость снижается. При повышении температуры содержание холодильного агента в масле уменьшается, и вязкость раствора приближается к вязкости чистого масла, поэтому дальнейшее повышение температуры уменьшает вязкость масла. Каждому давлению в картере соответствует температура, при которой раствор имеет наивысшую вязкость.

К трубопроводам фреоновых машин предъявляют дополнительные требования для обеспечения циркуляции масла. Диаметр вертикальных труб (м), обеспечивающих однонаправленное движение газовой и жидкой фазы с минимальным градиентом давления, достаточно точно определяется из соотношения:

$$d_{\text{тр}} = 0,66 \left( \frac{\vartheta_a^2 \cdot \rho_a}{\rho_{\text{см}}} \right), \quad (5.4)$$

где  $\vartheta_a$  – объемный расход пара,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\rho_a$  и  $\rho_{\text{см}}$  – плотности пара холодильного агента и раствора,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

На участках паровой фазы магистралей всасывания и нагнетания масло и хладагент стремятся разделиться. Малая скорость паров хладагента (менее 4 м/с) способствуют оседанию масла под действием силы тяжести на дно трубопровода (рис. 5.39).

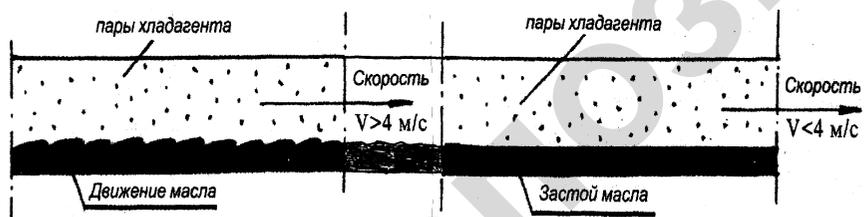


Рис. 5.39. Влияние скорости движения хладагента на горизонтальных участках трубопроводов

Большая скорость паров хладагента (свыше 8 м/с) (рис. 5.40) заставляет масляную пленку стекать вниз. Стекающая масляная пленка снижает интенсивность теплообмена.

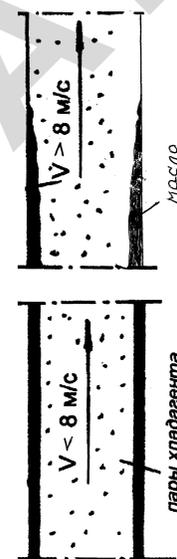


Рис. 5.40. Влияние скорости движения хладагента на вертикальных участках трубопроводов

Большое количество масла на 20 % снижает холодопроизводительность установки. Отрицательные уклоны способствуют образованию масляных пробок и, как следствие, возникновению гидравлических ударов (рис. 5.41).

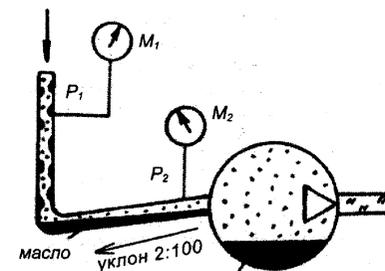


Рис. 5.41. Влияние уклонов участков трубопроводов на движение масла

В испарителе при кипении маслохладонового раствора выделяется наиболее летучий компонент – хладагент. Поэтому концентрация масла увеличивается, повышая температуру кипения раствора по сравнению с температурой кипения чистого хладагента. Скопление масла в испарителе снижает его количество в компрессоре. Ошибкой эксплуатации молокоохладительных установок является периодическое пополнение картера компрессора маслом при отсутствии заметных утечек масла из системы. Периодическая дозаправка установки маслом переполняет им испарительный узел.

Реле контроля смазки должно выключать компрессор при падении давления в системе смазки ниже 0,17–0,80 МПа. Приведенные величины давлений берутся по отношению к изменяющемуся давлению в картере компрессора. Низкое давление включения реле контроля смазки увеличивает продолжительность работы компрессора, а высокое – систематически его выключает. Отделяемое от хладагента масло постепенно накапливается внизу маслоотделителя (рис. 5.42). При повышении уровня масла в маслоотделителе происходит поднятие поплавка с прикрепленным к нему клапаном, игла которого при этом открывает отверстие в сливной патрубке, и масло под действием высокого давления возвращается в картер компрессора.

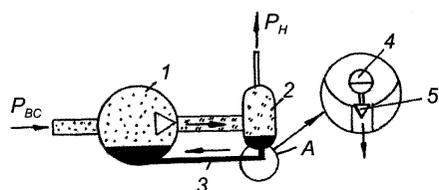


Рис. 5.42. Схема возврата масла в компрессор с маслоотделителем:  
1 – компрессор; 2 – маслоотделитель; 3 – сливная трубка;  
4 – поплавок; 5 – клапан

Неисправность маслоотделителя обычно связана с заеданием его поплавка при загрязнении масла (попадание посторонних частиц под иглу). При этом полость нагнетания соединяется с картером компрессора, что вызывает симптомы нарушения его работы, такие же, как и при нарушении герметичности прокладки головки блока компрессора. Если сливная трубка из маслоотделителя в картер компрессора постоянно горячая в процессе работы, то это связано

с механическим заеданием поплавкового механизма маслоотделителя. Повышение разности давлений впоследствии проталкивает масляную пробку во всасывающую полость головки блока компрессора, повышая вероятность возникновения гидравлического удара.

Для обнаружения причин снижения уровня масла проверяют компрессор, а иногда и весь агрегат. Уровень масла в картере компрессора проверяют через смотровое стекло (рис. 5.43). При работающем агрегате уровень масла должен соответствовать центру смотрового стекла. Если уровень масла ниже центра стекла, то масло необходимо добавить, а если выше центра указателя, то избыточное количество масла сливают.

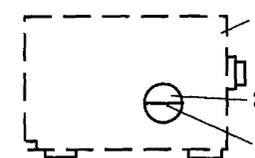


Рис. 5.43. Проверка уровня масла в картере компрессора:  
1 – картер компрессора; 2 – смотровое стекло; 3 – уровень масла

В компрессорах с принудительной смазкой периодически проверяют давление масла (рис. 5.44). Определение давления нетто производят по разнице измеряемых давлений: развиваемого масляным насосом и величиной давления всасывания. Нормальное давление нетто обеспечивается в пределах 0,21–0,28 МПа.

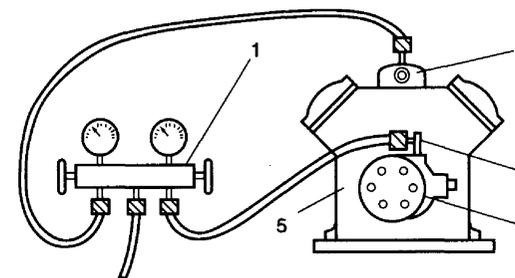


Рис. 5.44. Тестирование давления масла в компрессоре:  
1 – манометровый коллектор; 2 – всасывающий вентиль; 3 – штуцер  
масляного насоса; 4 – масляный насос; 5 – компрессор

При недостатке смазки может произойти заклинивание вала. Причинами неудовлетворительной работы насоса могут быть попадание в него пара хладагента или засорение фильтра грязью или шламом. Если в работающий масляный насос попали пары хладагента, то давление масла не повышается.

### 5.3. Техническое обслуживание холодильного контура

#### 5.3.1. Удаление неконденсирующихся газов и влаги

Неконденсирующиеся примеси легче паров хладагента и скапливаются в верхней части ресивера. Но жидкий хладагент выходит из ресивера через сифонную трубку, погруженную в него и достигающую до дна ресивера, поэтому неконденсирующиеся примеси не попадают в эту трубку и могут быть полностью удалены, только если в верхней части ресивера имеется выпускной кран. В малых и средних хладонных установках, как правило, воздух выпускается без воздухоотделителя, через штуцер выпуска воздуха в канал вытяжной вентиляции с помощью резинового шланга. Выпуск воздуха осуществляется через штуцер или вентиль в верхней части конденсатора или ресивера при небольшом его открытии до тех пор, пока температура конденсации, отмечаемая по температурной шкале манометра конденсатора, не станет равной температуре воды, циркулирующей через аппарат. После этого стравливают воздух (рис. 5.45). Для удаления воздуха из системы ослабляют затяжку накидной гайки на штуцере нагнетательного вентиля (или воздухопускной винт конденсатора) и в течение примерно 30 с стравливают воздух, и повторяют до тех пор, пока давление в конденсаторе не станет меньше на 0,04–0,05 МПа давления хладагента в состоянии насыщения (при температуре окружающей среды). Например, при температуре окружающей среды 20 °С и соответствующем ей избыточном давлении хладагента в состоянии насыщения 0,48 МПа воздух выпускают до тех пор, пока давление в конденсаторе не понизится до 0,52–0,53 МПа. Причем при наличии в конденсаторе и ресивере даже небольшого количества жидкого хладагента его давление (в нашем примере) будет поддерживаться равным 0,48 МПа. Поэтому попытка стравить воздух до этой величины из конденсатора с пониженным давлением в нем вызывает выпуск из системы почти всего хладагента.

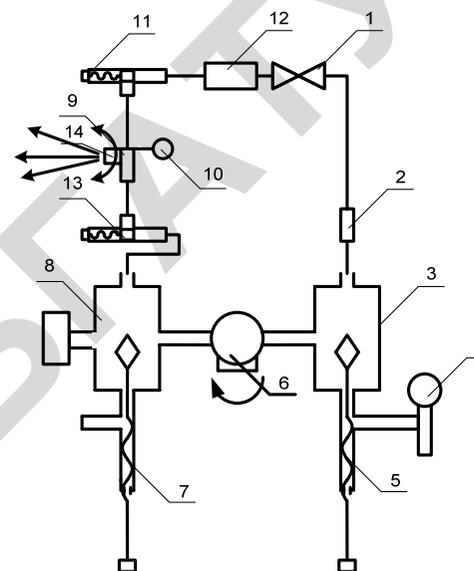


Рис. 5.45. Удаление неконденсирующихся примесей:  
 1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3, 8 – вентили;  
 4 – манометр; 5, 7, 11, 13 – шпindelи; 6 – компрессор; 9 – конденсатор;  
 10 – манометр; 12 – фильтр; 14 – кран

Для удаления влаги, оставшейся ранее или попавшей в систему в ходе эксплуатации, применяют твердые вещества, поглощающие влагу, – адсорбенты (силикагели и цеолиты). В хладонной установке на жидкостном трубопроводе после ресивера устанавливается специальная емкость, в которую засыпают адсорбент. Поглотительная способность сорбентов уменьшается по мере поглощения ими влаги. Но ее можно восстановить, удалив аккумулированную влагу путем нагревания сорбента, его вакуумирования и продувания сухим газом. Для этого демонтируют фильтр-осушитель (рис. 5.46), перекачав хладагент в линию высокого давления (до создания вакуума 80–90 %).

Метод и режим регенерации выбирают с учетом свойств адсорбента. Например, работоспособность силикагеля восстанавливают, нагревая его в потоке воздуха или азота с температурой 190–200 °С в течение 2–3 ч либо в сушильном шкафу при температуре 140–150 °С в течение 4 ч. Регенерация синтетических цеолитов требует более

высоких температур. Так, работоспособность цеолита NaA-2КТ восстанавливают, продувая воздухом (азотом) с температурой 280–315 °С в течение 2–3 ч или прокаливая в сушильном шкафу при температуре 500 °С в течение 4 ч. При восстановлении работоспособности сорбента некоторое его количество разрушается. Поэтому регенерированный сорбент до засыпки в корпус фильтра просеивают на сите с размером ячейки не менее 1 мм для удаления мелких частиц.

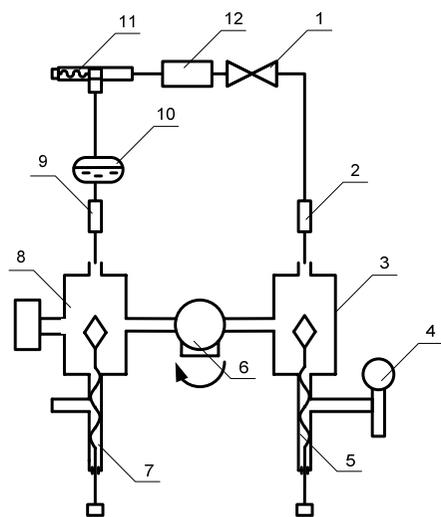


Рис. 5.46. Схема перекачки хладагента:

1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3, 8 – вентили; 4 – манометр; 5, 7, 11 – шпиндели; 6 – компрессор; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 12 – фильтр

Качество обезвоживания повышают заполнением холодильного контура после вакуумирования азотом. Установку надувают азотом до давления, превышающего атмосферное давление (например, до 150 кПа). Азот, поданный в контур, поглощает влагу, оставшуюся в контуре. После этого давление в контуре стравливают в атмосферу до величины, например, 110 кПа. Сбрасываемый азот уносит с собой из контура часть влаги. Если теперь вновь откачать установку, влажный азот будет из нее удален, а вместе с ним и та часть влаги, которая оставалась в контуре после первого вакуумирования (рис. 5.47).

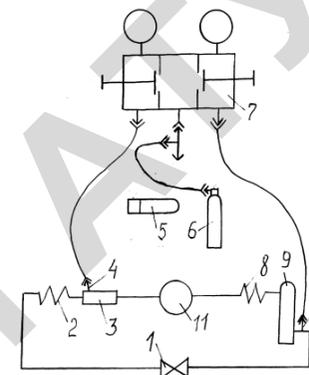


Рис. 5.47. Обезвоживание холодильного контура азотом:

1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр-очиститель; 4, 10 – штуцеры; 5 – насос вакуумный; 6 – баллон с осушенным азотом; 7 – манометрический коллектор; 8 – конденсатор; 9 – ресивер; 11 – компрессор

Такой прием позволяет удалить из контура больше влаги, чем простое вакуумирование. Часто рекомендуемый способ обезвоживания контура заключается в трехкратном осуществлении такого приема. Жидкие осушители представляют собой смесь моноэтилового эфира этиленгликоля с глицидолом. Они ядовиты и огнеопасны. Их применяют в малых холодильных установках для предотвращения замерзания влаги в системе, вводя в количестве 4 г на 1 кг хладагона.

### 5.3.2. Заправка и откачка хладагента

Заправка хладагента производится в герметичный и обезвоженный холодильный контур. Герметичность и обезвоженность холодильного контура определяют его вакуумированием до остаточного давления ниже 30 кПа и выдержкой системы под вакуумом в течение 3 ч. Для вакуумирования системы с помощью зарядной станции шланги подсоединяют согласно схеме (рис. 5.48).

Если после остановки вакуумного насоса давление в контуре растет (превышает 130 Па), значит, в контуре слишком много влаги либо его герметичность нарушена. В этом случае рекомендуется выдержать установку под вакуумом еще в течение 3 ч и окончательный вывод о причине роста давления сделать на основании характера дальнейшего повышения давления в контуре (рис. 5.49).

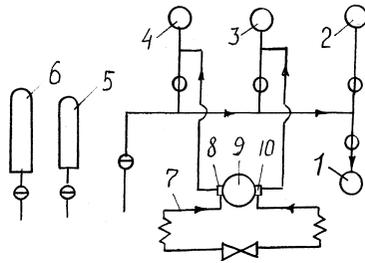


Рис. 5.48. Вакуумирование холодильного контура:  
 1 – насос вакуумный; 2 – вакуумметр; 3, 4 – мановакуумметры; 5 – цилиндр зарядный; 6 – баллон с хладагентом; 7 – холодильный контур; 8, 10 – вентили; 9 – компрессор

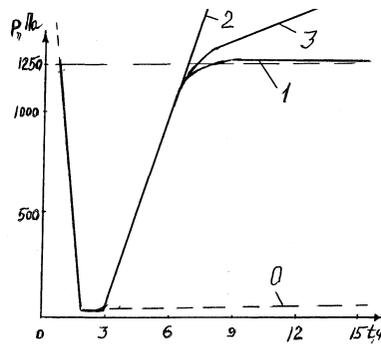


Рис. 5.49. Характеристики холодильного контура:  
 0 – герметичный без влаги; 1 – герметичный с малым количеством влаги; 2 – негерметичный без влаги; 3 – негерметичный с влагой

После первого вакууммирования и выдержки под вакуумом (рис. 5.50) подключают вместо вакуумного насоса баллон с хладагентом и наполняют контур парами осушенного хладагента до абсолютного давления 30–50 кПа. Закрыв вентиль на баллоне с хладагентом, производят второе вакуумирование контура до уровня ниже 30 Па. После вторичного вакуумирования снова заполняют контур сухим хладагентом до абсолютного давления 30–50 кПа и вновь вакуумируют. После трехкратного вакуумирования и выдержки установки под вакуумом не менее 24 ч при условии поведения установки под вакуумом при остановленном вакуумном насосе в соответствии с кривой 1 на рис. 5.28 (прирост давления за 24 ч не выше

50 Па), можно приступить к заправке установки хладагентом. Заводы-изготовители малых агрегатов производят их осушку в течение 8–10 ч при температуре 60–80 °С и абсолютном давлении 6–25 Па.

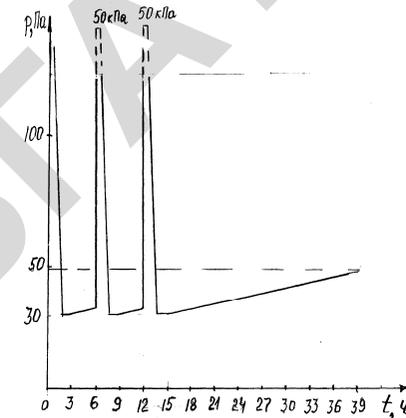


Рис. 5.50. Стадии подготовки контура к заправке

Холодильный контур заполняется хладагентом в соответствии с нормативом (указывается на заводской табличке). В систему вводят хладагент в виде жидкости или пара. Заполнение системы жидким хладагентом менее продолжительно, чем паром. Нельзя заполнять систему жидким хладагентом через всасывающий или нагнетательный вентиль компрессора. Жидкость, поступающая в компрессор, может привести к повреждению его клапанов. Зарядку паром хладагента применяют обычно в тех случаях, когда в систему добавляют малое количество хладагента, и производят ее через всасывающий вентиль компрессора. Контроль количества залитого в жидкостной ресивер хладагента производится с помощью мерного цилиндра заправочной станции (рис. 5.51).

Заполнение хладагентом системы холодильного агрегата из баллона производят через всасывающий вентиль (рис. 5.52). После того как в систему будет заправлено нужное количество холодильного агента, закрывают вентиль на баллоне. В документации по оборудованию должна быть указана масса заправки. В случае отсутствия таких данных оценивают внутренний объем аппаратов (в кубических метрах) и, умножив его на плотность холодильного агента, получают требуемую массу заправки.

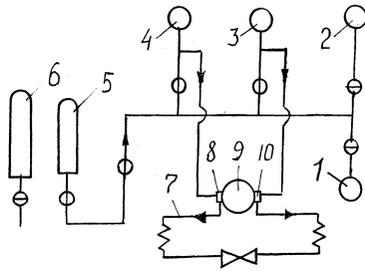


Рис. 5.51. Этапы заправки контура:  
 1 – насос вакуумный; 2 – вакуумметр; 3, 4 – мановакуумметры;  
 5 – цилиндр зарядный; 6 – баллон с хладагентом; 7 – холодильный контур;  
 8, 10 – вентили; 9 – компрессор

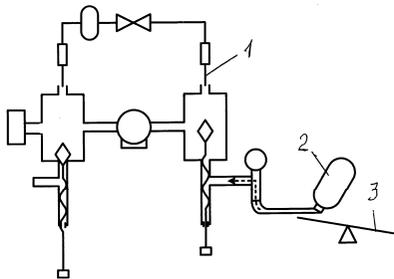


Рис. 5.52. Схема заполнения контура хладагентом:  
 1 – холодильный контур; 2 – баллон; 3 – весы

Технология откачки хладагента из холодильного контура в паровой фазе (частичная его утечка при разгерметизации, ремонт ресивера и его вентилей) предусматривает установку баллона в водосборнике с весами (рис. 5.53). Откачивают хладагент до избыточного давления 0,02 МПа (1 кг хладагента на 1 л емкости баллона).

Слив хладагента в жидкой фазе производят тремя способами: под действием силы тяжести, насосом или компрессором в откачанные баллоны. При сливе хладагента в жидкой фазе (свыше 94,6 % полной заправки) под действием силы тяжести (рис. 5.54) вентиль жидкой фазы сливного баллона соединяют с жидкостным ресивером в его нижней точке, а вентиль паровой фазы – в верхней точке. Жидкость из ресивера стекает в баллон, а пар из баллона поступает в ресивер.

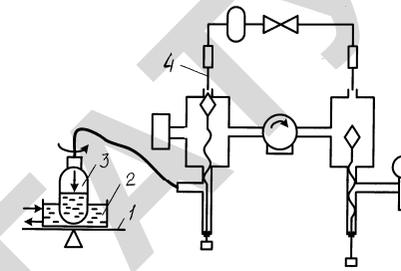


Рис. 5.53. Перекачка хладагента в баллон компрессором:  
 1 – весы; 2 – водосборник; 3 – баллон; 4 – холодильный контур

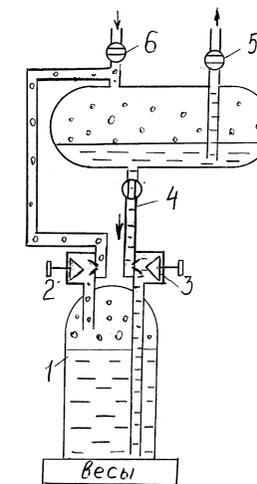


Рис. 5.54. Слив хладагента в жидкой фазе действием силы тяжести:  
 1 – баллон; 2–6 – вентили

Перекачивая жидкую фазу хладагента насосом (рис. 5.55), вентиль паровой фазы сливного баллона открывают, а жидкостный вентиль ресивера закрывают.

Компрессор (рис. 5.56) откачивает паровую фазу из сливного баллона 2, создавая в нем разрежение, в результате чего жидкий хладагент перекачивается из жидкостного ресивера 5 в сливной баллон 2. При выполнении операции жидкой фазы вентиль 3 на входе в ресивер закрыт, трехходовой вентиль 4 открыт на сливной баллон 2.

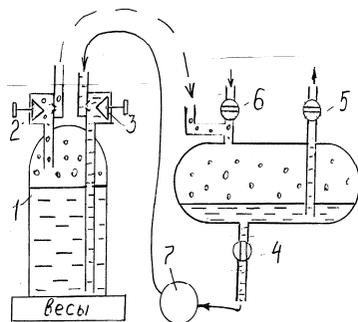


Рис. 5.55. Перекачка хладагента жидкостным насосом:  
1 – баллон; 2–6 – вентили; 7 – насос

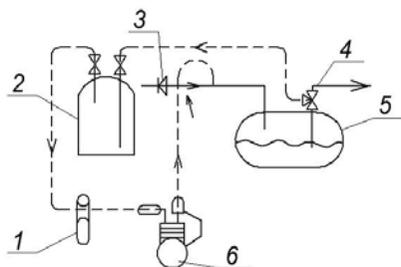


Рис. 5.56. Перекачка хладагента компрессором:  
1 – указатель; 2 – баллон сливной; 3, 4 – вентили;  
5 – жидкостной ресивер; 6 – компрессор

Баллоны нельзя заполнять больше, чем на 80 % их объема. Давление в переполненном баллоне (или заправленном непредусмотренным хладагентом) может превысить допустимые значения (например, при температуре 20 °С давление насыщенных паров R12 составляет 470 кПа, R502 – 1000 кПа, а R23 – 4000 кПа).

### 5.3.3. Замена и дозаправка масла

Неисправности холодильных компрессоров из-за недостаточного количества смазочного масла (уровень масла в картере – менее 50 % от номинального) составляют 6 %. Продолжительная работа холодильной установки на некачественном масле способствует взаимодействию масел с металлами, что ведет к разрушению уплотнительных

деталей, ухудшению качества электроизоляционных материалов и пробоем обмоток встроенных электродвигателей. При воздействии окисленных масел и холодильного агента на материалы изоляции обмоток выделяются CO и CO<sub>2</sub>, которые при попадании в масло увеличивают его кислотность. Вероятность выхода из строя электродвигателя возрастает с повышением кислотности масла (рис. 5.57). Рекомендуется заменять масло после 20 000–25 000 ч работы агрегата.

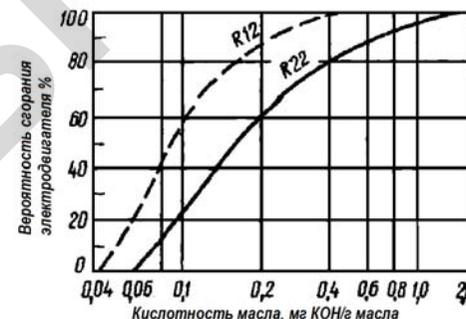


Рис. 5.57. Зависимость частоты сгорания электродвигателей от кислотного числа используемого масла

После 100–200 ч работы необходимо взять на анализ пробу масла. При появлении в масле взвешенных посторонних частиц, кислоты, а также при заметном изменении окраски, потемнении и потере прозрачности масла необходимо провести замену масла. Одновременно с заменой масла необходимо полностью поменять все фильтры на установке.

Для проверки масла на кислотность рекомендуется взять пробу масла из холодильного контура, открыть одну ампулу кислотного теста и накапать в нее 12 капель масла, взболтать и дать отстояться несколько минут. Если цвет жидкости (голубой) в ампуле не изменился, то кислоты в системе нет. Если жидкость стала зеленой – это значит, что содержание кислоты пока не превышает критическое. В этом случае рекомендуется поменять фильтр-осушитель и фильтр на всасывающей магистрали. Если жидкость стала желтого цвета – это значит, что содержание кислоты выше критического: холодильный контур нуждается в очистке. В этом случае необходимо заменить фильтр-осушитель и масло, установить на всасывающую магистраль

антикислотный фильтр. Через 8 ч работы установки снова производят проверку масла на кислотность. Если кислота есть, меняют антикислотный фильтр и повторяют процедуру, если нет – меняют антикислотный фильтр на фильтр-очиститель. Производят проверку на кислотность через двое суток, а затем через 15. При необходимости производят очистку системы.

Применяют открытый или закрытый способы пополнения системы маслом в зависимости от типа машины и имеющихся в наличии инструментов. Для осуществления открытого способа закрывают всасывающий вентиль компрессора и оставляют агрегат включенным до тех пор, пока давление на линии всасывания не снизится до 7–14 кПа. Закрывают его нагнетательный вентиль и, открыв вентиль низкого давления, выпускают хладагент из компрессора. Заливают масло в картер компрессора до требуемого уровня (рис. 5.58) и закрывают всасывающий вентиль компрессора. Устанавливают на место пробку и затягивают ее. Открывают вентили компрессора. Включают компрессор и проверяют уровень масла.

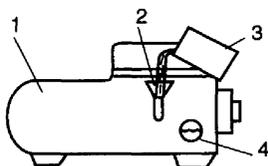


Рис. 5.58. Открытый способ добавления масла:

1 – компрессор; 2 – воронка; 3 – сосуд с маслом; 4 – смотровое стекло

Для осуществления закрытого способа манометровый коллектор шлангами соединяют с вентилями компрессора. Закрывают всасывающий вентиль на компрессоре. Включают агрегат и создают вакуум в картере компрессора. Открывают ручной вентиль низкого давления на манометровом коллекторе и всасывают достаточное количество масла в компрессор (рис. 5.59).

Масла ХФ12-16, ХФ22с-16 и ХФ22-24 предназначены для компрессоров, работающих на хладоне. Количество масла в холодильной машине обычно составляет порядка 5 % от количества циркулирующего хладона, в малых герметичных машинах – 1,5 %. Если в машину добавляется масло иной марки, необходимо проверить масла на совместимость. Так, например, недопустимо использование

в одной машине минерального масла ХФ22-24 и синтетического масла ХФ22с-16, так как это приводит к свертыванию смеси масел и образованию сгустков. Выбирая масло, необходимо учитывать его вязкость. Неудовлетворительной считается как слишком высокая вязкость (густое масло), так и слишком низкая вязкость (жидкое масло). В первом случае увеличиваются потери на трение, а во втором – между трущимися деталями, из-за разрыва масляной пленки, возможно соприкосновение трущихся поверхностей, увеличение их износа.

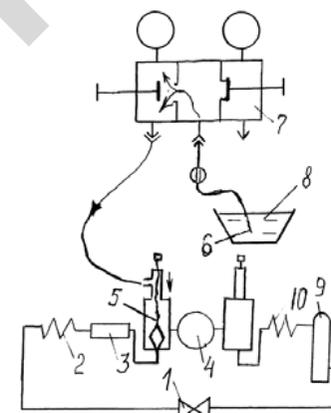


Рис. 5.59. Закрытый способ добавления масла:

1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр;  
4 – компрессор; 5 – вентиль; 6 – шланг; 7 – коллектор;  
8 – емкость масла; 9 – ресивер; 10 – конденсатор

Синтетические масла сравнительно мало изменяют свою вязкость с изменением температуры, поэтому они рекомендуются для низкотемпературных установок (ниже  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Синтетические масла, как правило, имеют лучшие смазывающие качества, более высокую термическую стабильность и стабильность свойств в смеси с холодильными агентами, более низкие температуры застывания. Недостатком синтетических масел (по сравнению с минеральными) является их относительно высокая стоимость. В быстроходных и многоцилиндровых машинах нагрев сопрягаемых деталей от трения более высокий, чем в машинах с меньшей частотой вращения и меньшим количеством цилиндров. Так как вязкость масла при нагреве уменьшается, то для быстроходных и многоцилиндровых

машин необходимо применять масла с большей вязкостью. Иногда на требуемую вязкость масла влияют конструктивные особенности машины, поэтому в паспорте машины завод-изготовитель указывает рекомендуемые марки масел.

Масла для машин, работающих на галоидопроизводных углеводородах (фреонах или хладонах) подразделяют условно на 4 группы (табл. 5.4). Каждая группа состоит из масел с низкой и повышенной вязкостью, последние используются при высоких температурах конденсации и при напряженных температурных условиях в компрессоре. Масла группы I предназначены для использования при температурах кипения до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Масла группы II предназначены для использования в одноступенчатых низкотемпературных холодильных машинах, работающих на R22 и R502. Масла этой группы должны быть достаточно вязкими и сохранять подвижность при температурах ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ . В минеральных маслах ограничивается содержание нерастворимых в холодильном агенте веществ (температура помутнения). Поскольку минеральные масла не всегда удовлетворяют всем требованиям, для этих холодильных машин используют также углеводородные и синтетические масла. Масла группы III предназначены для использования в одно- и двухступенчатых холодильных машинах; при температурах кипения ниже  $-55^{\circ}\text{C}$  применяют в основном углеводородные и синтетические масла. Масла группы IV состоят из синтетических низкозастывающих жидкостей, используемых в нижней ветви каскадных холодильных машин, работающих на R13, R502, R13B1.

Таблица 5.4

Применяемые группы масел (в зависимости от производителя)

Масла	Группа			
	I	II	III	IV
Отечественные	XФ12-16; XM50; XM35	XA23; XA30; XM35; XC40; XC50	XФ22-24; XФ22с-16; ПФГОС4; XCH40	ФМ5, 6-АП; ПТСМ5
Зарубежные	Suniso 4GS; Suniso 5GS; Shell Clavus 33; Capella C	Shell Clavus 929; Shell Clavus 933; Capella B; Shell Oil 12-22	КМН; ZEPHРОН 150	Flusil S55K

#### 5.4. Техническое обслуживание оборудования для первичной обработки молока

При ежесменном техническом обслуживании молочные насосы 36МЦ6-12 и 36МЦ10-20 промывают. Для этого отсоединяют от насоса присоединительную арматуру, снимают крышку, вынимают резиновое уплотнительное кольцо, отвинчивают конусную гайку, снимают с шейки наконечник и рабочее колесо. Все снятые детали и внутреннюю часть корпуса промывают раствором кальцинированной соды, а наружные части насоса протирают сухой ветошью.

Техническое обслуживание очистителей-охладителей молока включает в себя мойку, дезинфекцию, замену масла в картере станины центрифуги, а также ручную очистку пластин охладителя и корпуса центрифуги. Первую замену масла в картере станины центрифуги осуществляют после 15 ч работы, вторую – после 50, затем – через 200–250 ч. Перед сливом отработавшее масло должно отстояться. Через 15 суток основание барабана снимают с веретена и промывают внутреннюю часть корпуса центрифуги. Техническое обслуживание электрооборудования заключается в проверке: мегаомметром – сопротивления изоляции, которое должно быть не менее 0,5 Мом; сопротивления заземления; состояния контактов магнитных пускателей и кнопок «Пуск» и «Стоп»; надежности затяжки клеммных соединений.

Предусматривается следующая технология технических обслуживаний сепараторов. В течение смены проверяют частоту вращения барабана, уровень масла в картере, работу манометра, осматривают детали барабана на предмет коррозии и выявления возможных дефектов. Через 200 ч работы при необходимости доливают масло, а в случае загрязнения заменяют его. Через 750 ч работы при необходимости разбирают барабан, очищают его детали, тщательно проверяют состояние уплотнений, удаляют следы коррозии, устраняют дефекты, очищают и смазывают конус веретена. Через 1500 ч работы очищают и смазывают конус веретена, проверяют состояние фрикционных и тормозных накладок и, в случае их износа, заменяют. Через 9000 ч работы проводят полную ревизию сепаратора: тщательный осмотр, очистку и смазку барабана, проверку состояния уплотнений, разборку вертикального и горизонтального валов, проверку

и смазку деталей. При осмотре обращают внимание на состояние подшипников, пружин и зубчатых зацеплений.

Для очистки механических деталей привода сепаратора (кроме деталей барабана и приемно-выводного устройства) применяют керосин, уайт-спирит, минеральные спирты и другие растворители. Уплотнительные кольца очищают раствором соды. Накладки, тормоза и муфты очищают керосином, уайт-спиритом. Для очистки деталей барабана и приемно-выводного устройства рекомендуется применять 1%-й раствор каустической соды, а также 0,5–0,8%-й раствор азотной кислоты. Особое внимание при техническом обслуживании уделяют смазыванию сепаратора. Уровень масла в картере станины не должен быть ниже контрольной линии. Зубчатые зацепления, шарикоподшипники смазывают путем разбрызгивания масла из масляной ванны станины с помощью шестерни. В качестве смазочного материала рекомендуются масло М20А, масла вакуумные ВМ-6, ВМ-4. Масло для смазывания сепаратора должно быть чистым, бескислотным, не содержать воду и твердые частицы. При заливке масла пользуются фильтром. В новом сепараторе первую замену масла рекомендуется проводить после 15 ч работы, вторую – после 30 и третью – после 50 ч. Периодичность замены масла дана в табл. 5.5.

В процессе нормальной эксплуатации сепараторов через каждые 50 ч работы сливают примерно  $\frac{1}{10}$  часть масла, находящегося в масляной ванне, предварительно дав ему отстояться. Затем доливают свежее масло до необходимого уровня. В дальнейшем масло следует менять через каждые 400 ч работы сепаратора. Раз в сутки сливают из масляной ванны постороннюю примесь. При полной замене масла масляную ванну станины необходимо промыть и насухо протереть чистой тканью. В процессе эксплуатации регулярно контролируют состояние уплотнительных прокладок, от которых зависит герметичность масляной ванны. Через каждые 15–30 дней (в зависимости от модели или марки сепаратора) снимают основание барабана с веретена. Для этого используют съемник, наворачиваемый на резьбовой конец основания. Перед установкой барабана на веретено конус веретена смазывают тонким слоем смазки. С такой же периодичностью следует проводить разборку барабана, приемно-выводного устройства и мойку всех деталей, соприкасающихся с продуктом. При каждой разборке и сборке барабана обращают

внимание на возможные дефекты деталей (вмятины, забоины, задиры, трещины, раковины, износ посадочных поверхностей). Неисправности немедленно устраняют или заменяют детали новыми. При наличии трещин или раковин на корпусных деталях барабана включать сепаратор запрещается. Следует обращать внимание на недопустимость появления на деталях при разборке и сборке задиров, вмятин и других дефектов.

Таблица 5.5

Периодичность замены масла в узлах сепаратора

Место смазки	Способ смазки	Периодичность нанесения или замены масла
Детали приводного механизма, шестерни, втулки, шарикоподшипники, пружины горловой опоры	Разбрызгивание из ванны станины	Полная замена масла через 400 ч работы
Посадочный конус веретена и основание барабана	Вручную	Один раз в месяц
Резьбовой конец и посадочный конус веретена	—«—	Один раз в неделю
Резьбовое соединение приемно-выводного устройства, резьба большого и малого затяжных колец барабана, резьбовые соединения посуды	—«—	Каждый раз перед сборкой приемно-выводного устройства, барабана и посуды
Соприкасающиеся поверхности узла, «основание–поршень»	—«—	Один раз в месяц
Детали клапана	—«—	Перед каждой установкой, но не реже одного раза в месяц
Подшипники электродвигателя	—«—	Согласно инструкции по эксплуатации

При разборке и сборке пользуются приспособлениями и инструментом. Детали разобранных узлов промывают и осматривают, изношенные детали заменяют новыми. Как правило, в случае замены деталей (кроме уплотнительных прокладок и штифтов) барабан необходимо отбалансировать. При полной разборке горизонтального вала проверяют состояние рабочей поверхности бандажа, накладок и колодок. При износе хотя бы одной накладки или колодки замене

подлежат все накладки или колодки с подгонкой колодок по массе с разностью 3 г. Колодки устанавливают на приработанные с ними пальцы, поэтому пальцы и колодки подлежат маркировке.

При сборке верхней опоры вертикального вала стаканчик должен нажимать на грани корпуса. Крепежные болты и колпачки должны быть завернуты. Оставлять сепаратор загрязненным даже на непродолжительное время запрещается. Это приводит к образованию трудноудаляемого осадка, который может нарушать балансировку и вывести из строя сепаратор. Своевременная и тщательная очистка сепаратора необходима также для соблюдения санитарных правил. Поэтому сразу после окончания сепарирования необходимо промыть барабан и приемно-выводное устройство вместе с трубопроводами и пастеризаторами. При очистке запрещается подавать избыток воды в чашу станины во избежание попадания ее в картер. Очистку проводят теплой, а полоскание – холодной водой. Резиновые кольца моют теплой водой. В процессе эксплуатации их надо оберегать от попадания масла, так как оно быстро разрушает резину. Для предотвращения растягивания резиновые кольца сушат в горизонтальном положении.

## **5.5. Ремонт оборудования для охлаждения и первичной обработки молока**

### **5.5.1. Ремонт составных частей оборудования**

Основными дефектами охладителя молока являются трещины или обрывы резиновых прокладок пластин. Проверяют надежность приклейки прокладок у всех пластин путем легкого отрывания прокладки пальцем. Пластины с частично отслоенными прокладками помещают в пластмассовую ванночку и обрабатывают 10%-й соляной кислотой до исчезновения следов отложений (молочного камня, казеина, окиси железа) с обеих сторон пластин. При этом ножом отделяют резиновую прокладку пластины, которую протирают губкой для удаления остатков грязи. Очищенные пластины, а также резиновые прокладки промывают проточной водой для удаления остатков кислоты и протирают насухо. Ветошью, смоченной в этилацетате, удаляют с пластин остатки старого клея. Соскабливают ножом значительные затеки старого клея с поверхности резиновых

прокладок (срезание клея ножом не допускается, так как при этом может быть повреждена поверхность прокладки). Поврежденные резиновые прокладки не используют, а заменяют новыми. Приклеивание производят клеем 78-БЦС ТУ 38-105470–72 или клеем 88-НП ТУ 38-105470–73. Приклеивание рекомендуется производить силами двух рабочих, из которых первый наносит клей на пластину, а второй – на прокладку. Приклеивание производят в следующем порядке.

Обезжиривают приклеиваемую поверхность резины и желобка пластины чистым тампоном из ветоши, смоченным в этилацетате, путем двукратной протирки. Просушивают обезжиренные поверхности деталей в течение 10–15 мин, но не более двух часов. Наносят первый равномерный слой клея кисточкой на приклеиваемую поверхность резиновой прокладки и на приклеиваемую поверхность желобка пластины. Сушат первый слой клея в течение 15–20 мин, но не более двух часов.

Наносят второй слой клея на приклеиваемые поверхности и сушат до перехода клеевой пленки в липкое состояние. Укладывают прокладку на приклеиваемое место пластины, прижимают и прикатывают роликом десятикратным проездом, обеспечивая ровное и надежное прилегание прокладки без сдвигов в сторону. Выдерживают пластины в течение 48 ч без груза или собранными в несжатый пакет. Проверяют прочность и надежность склеивания путем легкого отрывания прокладки пальцем. При этом прокладка не должна отслаиваться от пластины.

При ремонте сепараторов молока колесо в червячной паре заменяют при износе зубьев больше допустимых значений и при наличии трещин. При износе подшипников качения веретена их заменяют только подшипниками той группы точности, которая указана заводом-изготовителем. Подшипники перед установкой на веретено и горизонтальный вал нагревают в масле до 80–90 °С. Следы износа подпятника устраняют шлифованием в приспособлении, обеспечивающем перпендикулярность опорной поверхности и оси веретена. При ослаблении посадки внутренней обоймы горлового подшипника на веретене и при износе рабочей поверхности червячной части более чем на  $\frac{1}{4}$  толщины винтовой нитки веретено выбраковывают. В случае ослабления посадки наружной обоймы отверстие в корпусе растачивают, запрессовывают и разворачивают втулку под размер

подшипника. Смятую лыску ведомого валика обгонной муфты углубляют и ставят удлиненный стопорный винт, а если резьба сорвана, то отверстие рассверливают и нарезают резьбу ремонтного размера. Изношенные фиксирующие штифты и выступы, а также напорные диски восстанавливают навариванием металла и обтачиванием их под первоначальный размер. Деформацию тарелок барабана выправляют на конусной оправке. В случае ослабления пакета тарелок в него добавляют одну-две тарелки так, чтобы собранный пакет находился в сжатом состоянии.

Качество сборки пакета тарелок определяет равномерность потоков между тарелками по высоте пакета. Жидкость из отверстий в тарелкодержателе поступает под постоянным напором в вертикальные каналы, образованные отверстиями в тарелках. Из этих каналов она растекается по межтарелочным зазорам и проходит в грязевое пространство, где вновь собирается в общий поток. Возможные пути выхода включают три варианта (рис. 5.60):  $H$  – нижний;  $C$  – средний;  $B$  – верхний. Если в каналах, образованных отверстиями тарелок, сопротивления будут выше, чем в грязевом пространстве, то большее количество жидкости будет проходить по пути меньшего сопротивления, т. е. внизу пакета тарелок (вариант  $H$ ), а не вверху (вариант  $B$ ). Если гидравлические сопротивления будут выше в грязевом пространстве, то верхняя часть пакета тарелок будет больше загружена, чем нижняя. Если в грязевом пространстве количество осадка станет таким, что сопротивления прохода жидкости здесь окажутся больше, чем в каналах пакета тарелок, то нижние тарелки будут менее нагруженными. При относительном смещении отверстий в тарелках (вследствие неточного изготовления) сопротивления в каналах возрастают. По мере накопления осадка кольцевое сечение канала для прохода жидкости в грязевом пространстве уменьшается, а сопротивления возрастают. Это способствует выравниванию потоков и повышению эффективности работы сепаратора. Однако увеличение осадка может привести к такому возрастанию сопротивлений, при котором эффективность работы резко снизится.

Барабан после сборки подвергают балансировке. Для балансировки барабанов сепараторов применяют машины с вертикальным положением оси балансируемого предмета. Возможны 4 типичных случая неуравновешенности барабана.

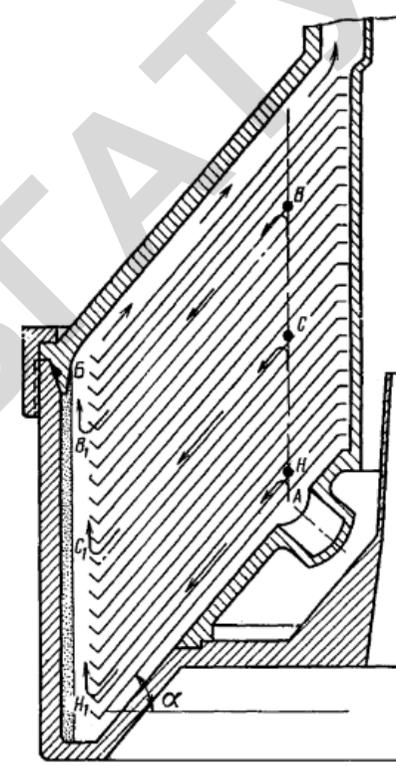


Рис. 5.60. Проводимость пакетов тарелок

1. Центры тяжести обеих частей барабана расположены в одной плоскости и по одну сторону от оси вращения, как показано на рис 5.61. В данном случае центр тяжести  $C$  всего тела находится в той же плоскости на расстоянии  $r$  от оси вращения. Из условий равенства моментов:

$$r = \frac{G_1 r_1 + G_2 r_2}{G_1 + G_2}; \quad G = G_1 + G_2. \quad (5.5)$$

Если такую неуравновешенность рассматривать как статическую, то ее можно устранить, приложив к барабану вес одного добавочного груза, центр тяжести которого расположен в той же плоскости

барабана, что и центр тяжести барабана, но по другую сторону оси. Причем расстояние  $\rho$  от центра тяжести добавочного груза до оси и вес его должны удовлетворять следующему равенству:

$$G\rho = Gr = G_1r_1 + G_2r_2. \quad (5.6)$$

Место расположения добавочного груза по высоте барабана в данном случае не имеет значения. Будет ли этот груз расположен выше или ниже той плоскости сечения барабана, в которой находится вес  $G$ , барабан все равно будет статически уравновешен, так как центр тяжести его во всех случаях будет совпадать с осью барабана.

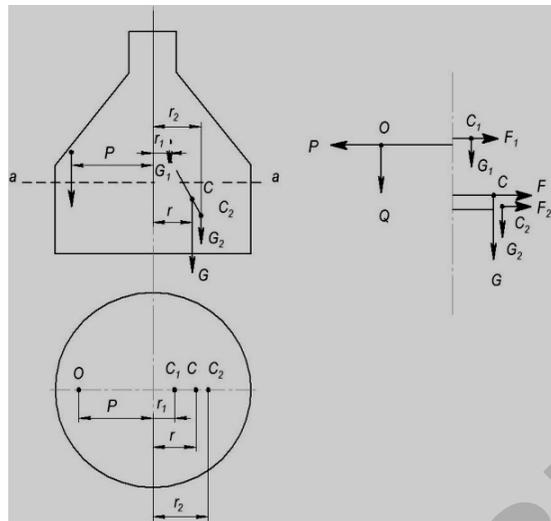


Рис. 5.61. Балансировка барабана с центрами тяжести обеих частей по одну сторону от оси вращения.

$r$  – расстояние от центра тяжести неуравновешенного барабана до оси вращения;  $\omega$  – угловая скорость барабана;  $F$  – центробежная сила неуравновешенного барабана;  $O$  – место положения добавочного уравновешивающего груза;  $Q$  – вес добавочного груза;  $\rho$  – расстояние от центра тяжести добавочного груза до оси вращения;  $P$  – центробежная сила добавочного груза  $P = \frac{Q}{g}\omega^2\rho$ ;  $a-a$  – горизонтальная секущая плоскость;  $1$  – величины, относящиеся к верхней части барабана,  $2$  – величины, относящиеся к нижней части

Если же этот случай рассматривать как случай динамической неуравновешенности, когда неуравновешенность вызывается центробежными силами, направленными радиально, то для равновесия барабана необходимым условием должно быть равенство возмущающих (неуравновешенных) и уравновешивающих (добавочных) центробежных сил, т. е.:

$$P = F \rightarrow \frac{Q}{g}\omega^2\rho = \frac{Q}{g}\omega^2r \rightarrow G\rho = Gr. \quad (5.7)$$

Но, кроме этого, вес добавочного груза должен быть приложен в той же плоскости по высоте барабана, что и сила  $G$ , т. е. на линии действия силы  $F$ . В противном случае будет действовать пара сил, нарушающая равновесие барабана. В барабанах сепараторов всегда будет иметь место динамическая неуравновешенность, поэтому все следующие случаи рассматривают как случаи динамической неуравновешенности и оперируют только центробежными силами возмущающих и уравновешивающих грузов, т. е. силами  $F$  и  $P$ , направленными радиально и равными:

$$F = \frac{Q}{g}\omega^2r. \quad (5.8)$$

$$P = \frac{Q}{g}\omega^2\rho. \quad (5.9)$$

2. Центры тяжести обеих одинаковых по весу частей барабана находятся в одной осевой плоскости, но по обе стороны от оси вращения (на равных расстояниях от нее), как показано на рис. 5.62, а, б. При этом центр тяжести всего барабана находится на оси вращения, и барабан статически уравновешен, так как  $G_1 = G_2$  и  $G_1r_1 = G_2r_2$ . Но при вращении барабана центробежные силы  $F_1$  и  $F_2$ , создают момент пары сил  $F_1m$ , поворачивающий барабан в плоскости оси вращения и вызывающий тем самым колебания барабана.

К такому же случаю неуравновешенности можно привести рассмотренный выше случай, если добавочную силу  $P$  расположить не в той же горизонтальной плоскости сечения барабана, в которой действует сила  $F$ , а в другой. Устранить такую неуравновешенность

можно только приложением двух добавочных одинаковых сил  $P_1$  и  $P_2$ , расположенных в произвольно выбранных плоскостях сечения барабана, но в той же осевой плоскости, что и силы  $F_1$  и  $F_2$ . При этом величины сил  $P_1$  и  $P_2$  и расстояние между ними  $n$  по оси должны удовлетворять равенству:

$$P_1 n - F_1 m = 0; P_1 = P_2; F_1 = F_2. \quad (5.10)$$

Иными словами, момент добавленной пары сил должен быть равен и противоположно направлен моменту неуравновешенных сил.

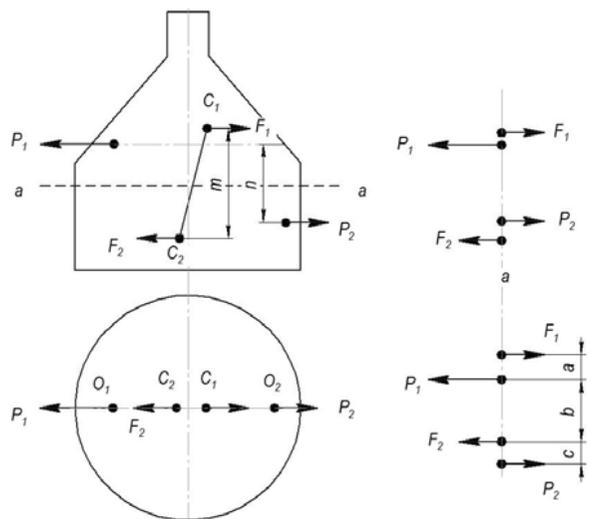


Рис. 5.62. Балансировка барабана с центрами тяжести обеих частей по обе стороны от оси вращения

3. Возмущающие силы  $F_1$  и  $F_2$  расположены так же, как и в предыдущем случае, но не равны между собой. Центр тяжести всего барабана не находится на оси вращения. В данном случае действие возмущающих сил можно рассматривать как действие момента пары сил  $F_1 m$  и действие радиальной силы  $F_2 - F_1$  (если  $F_2 > F_1$ ), направленной по линии действия силы  $F_2$ , т. е. то, что рассматривали в пп. 1 и 2. В таком случае барабан может быть также уравновешен приложением двух добавочных сил  $P_1$  и  $P_2$ , расположенных в любых горизонтальных плоскостях сечения барабана, но в той же осевой

плоскости, что и возмущающие силы  $F_1$  и  $F_2$  (рис. 5.62, б). Величина добавочных сил зависит от расположения их по высоте барабана. Она должна удовлетворять следующим равенствам из сумм моментов сил:

$$P_1 = \frac{F_1(a+b+c) - F_2 c}{b+c}, P_1 = \frac{F_1 a + F_2 b}{b+c}. \quad (5.11)$$

В частном случае при расположении уравновешивающих сил относительно возмущающих сил по оси барабана может оказаться  $P_1 = 0$ , когда  $F_1(a+b+c) - F_2 c = 0$  и, следовательно, барабан можно уравновесить, приложив только одну силу  $P_2$ .

4. Общий случай неуравновешенности (рис. 5.63). Центры тяжести частей барабана находятся в разных плоскостях оси вращения. В этом случае возмущающие силы  $F_1$  и  $F_2$  можно рассматривать в двух взаимно перпендикулярных плоскостях  $b-b$  и  $c-c$ . В плоскости  $b-b$  действуют силы  $F_1$  и  $F_2 \cos \alpha$ , которые дают момент пары сил  $F_2 \cos \alpha m$ , и радиальную силу  $F_1 - F_2 \cos \alpha$  (при  $F_1 > F_2 \cos \alpha$ ), действующую в направлении силы  $F_1$  (см. п. 3). В плоскости  $c-c$  действует радиальная сила  $F_2 \sin \alpha$ . В этом общем случае неуравновешенность барабана можно полностью уничтожить, приложив к нему две уравновешивающие силы  $P_1$  и  $P_2$  в произвольно выбранных плоскостях поперечного сечения барабана. Например, силы  $F_1$  и  $F_2 \cos \alpha$  могут быть уравновешены силами  $T_1$  и  $T_2$ , приложенными в плоскостях  $I$  и  $II$ . Сила  $F_2 \sin \alpha$  может быть также уравновешена силами  $N_1$  и  $N_2$ , приложенными в тех же горизонтальных плоскостях  $I$  и  $II$  и в вертикальной плоскости  $c-c$ , причем  $N_1 + N_2 = F_2 \sin \alpha$ . Заменим силы  $T_1$  и  $N_1$  и силы  $T_2$  и  $N_2$  их равнодействующими  $P_1$  и  $P_2$ . Отметим, что уравновешивающие силы  $P_1$  и  $P_2$  не находятся в плоскостях  $b-b$  и  $c-c$ , они лежат в горизонтальных плоскостях  $I$  и  $II$ , произвольно выбранных по высоте барабана, и сдвинуты между собой на некоторый центральный угол  $\varphi_1 + \varphi_2$ .

В зависимости от обнаруженных дефектов холодильную машину отправляют на ремонт полностью или отдельными узлами. Оставшийся хладагент должен быть сконденсирован в ресивере с таким расчетом, чтобы во всех частях установки оставалось небольшое избыточное давление (20–30 кПа). Для разборки и сборки компрессоров используют стенд (рис. 5.64).

Комплекующие элементы обмеряются (рис. 5.65 и табл. 5.6).

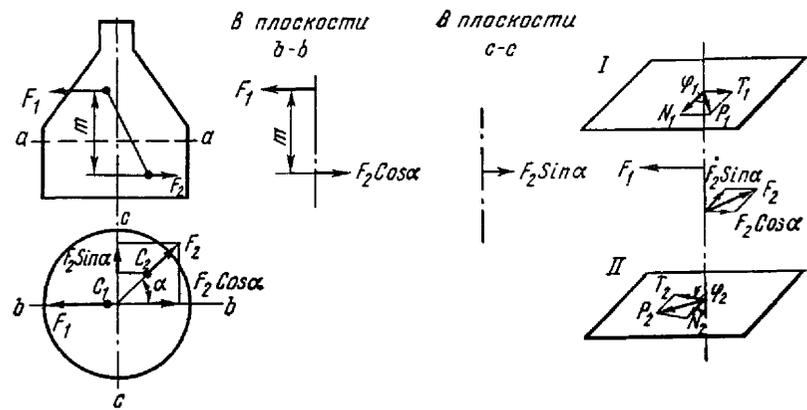


Рис. 5.63. Общий случай неуравновешенности барабана

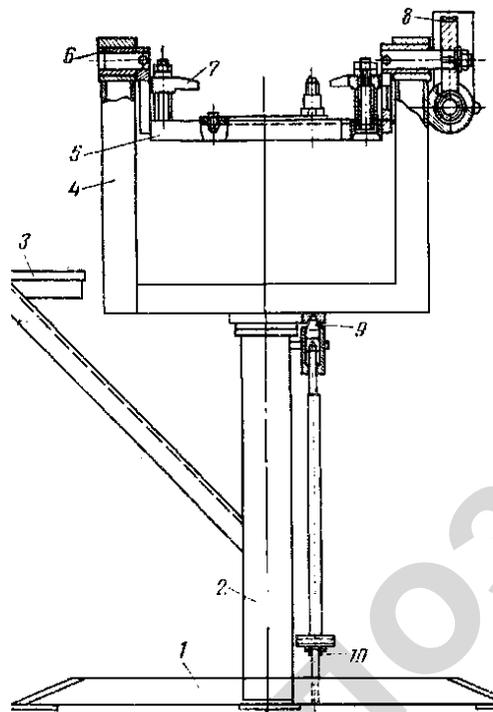


Рис. 5.64. Схема станда для разборки и сборки компрессора:  
1 – основание; 2 – колонна; 3 – стол для инструмента; 4 – кронштейн; 5 – плита;  
6 – подшипниковый узел; 7 – прихват; 8 – редуктор; 9 – фиксатор; 10 – педаль

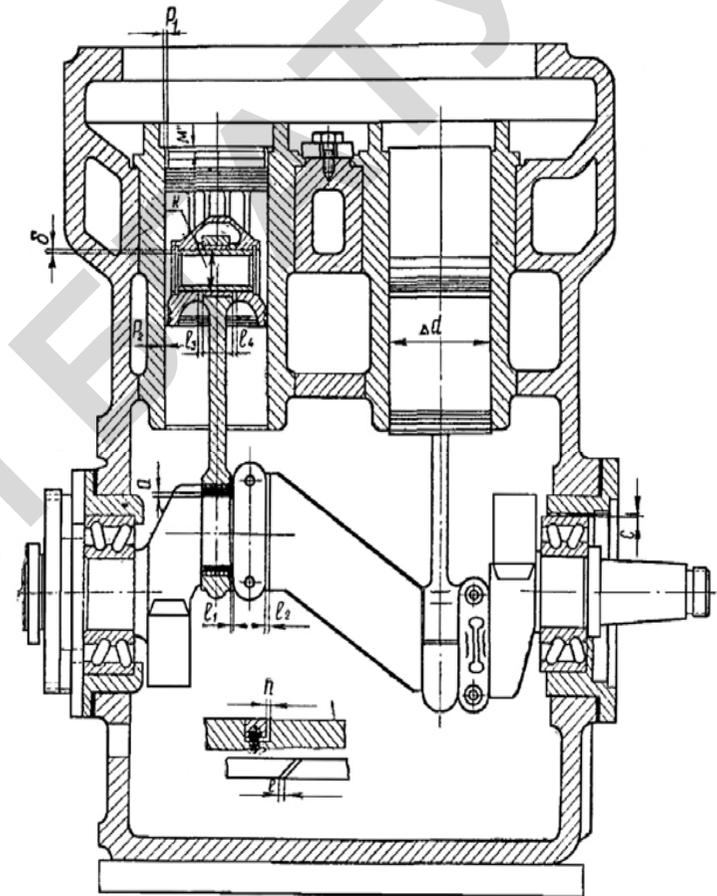


Рис. 5.65. Схема монтажных и эксплуатационных зазоров блоккартерных компрессоров

В процессе эксплуатации изнашиваются поршневые канавки. Износу подвергаются в основном нижние плоскости (рис. 5.66). Причиной такого износа являются большие удельные давления колец на нижние плоскости канавок и повышенные температуры. Изношенные поршневые канавки вызывают удары колец при смене направления движения поршня. Наибольшему износу подвергается верхняя канавка из-за ухудшения смазки и больших усилий, передаваемых первым кольцом. Изношенные поршневые канавки

протачивают на токарном станке под кольца увеличенного ремонтного размера. Протачивать поршневые канавки можно только один раз. Это ограничение диктуется уменьшением толщины перемычки между канавками. Изношенное более 0,015 мм отверстие под палец в поршне растачивают под увеличенный размер пальца или развертывают.

Таблица 5.6

Зазоры компрессора

Сопряжения компрессора (диаметр цилиндра – 150 мм)	Место замера (рис. 5.65)	Зазор, мм		Примечание
		обычный	предельный	
Поршень – цилиндр	Диаметральный зазор $\Delta d$	0,20–0,29	0,17	До появления стука
Кривошипная шейка – подшипник	Радиальный зазор $a$ Осевой зазор: $l_1$ (на один подшипник) $l_2$ (на два подшипника)	0,04–0,011	0,15	До появления стука
		0,22–0,35		
		0,35–0,60		
Палец поршня – втулка пальца	Диаметральный зазор $K$ Осевые зазоры $l_3 + l_4$	0,02–0,06	0,12	До появления стука
		2,3–2,9		
Палец поршня – бобышки	$\delta$	0,005–0,05	0,1	До появления стука
Линейное защемленное пространство	$m$	0,8–1,2	2,0	До появления стука
Поршень – поршневые кольца	$p$	0,025–0,07	0,1	До появления стука
Зазор в замке кольца	$\Pi$	0,4–0,7	1,6	До появления стука
Стакан – коренной подшипник	$e$	0,02–0,10	–	До появления стука
Установка поршня в цилиндр	$p_1 + p_2$	Не более 0,07	–	Замеры НМТ и ВМТ в плоскости пальца

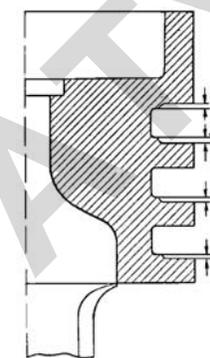


Рис. 5.66. Места износа поршневых канавок поршня:

1 – верхняя плоскость первой канавки; 2 – нижняя плоскость первой канавки; 3 – нижняя плоскость второй канавки; 4 – нижняя плоскость третьей канавки

Компрессионные и маслосъемные поршневые кольца при износе (более 10 % от первоначальной массы) заменяются новыми. Кольцо заменяют новым также при замене поршня после расточки цилиндра и после расточки поршневых канавок при ремонте поршня. К зеркалу цилиндра кольцо прижимается не только силой упругости, но и радиально направленной силой давления сжимаемого газа, проникающего в поршневые канавки (рис. 5.67).

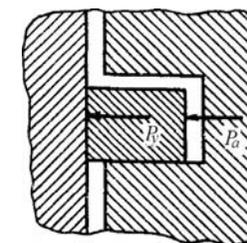


Рис. 5.67. Схема сил, действующих со стороны кольца на зеркало цилиндра

Давление кольца от сил упругости определяется в приспособлении (рис. 5.68). Кольцо устанавливается в приспособление и нагружается силой так, чтобы зазор в замке кольца соответствовал рабочему (0,5 мм). Кольца удовлетворительно работают при потере упругости на 30 % от первоначального значения.

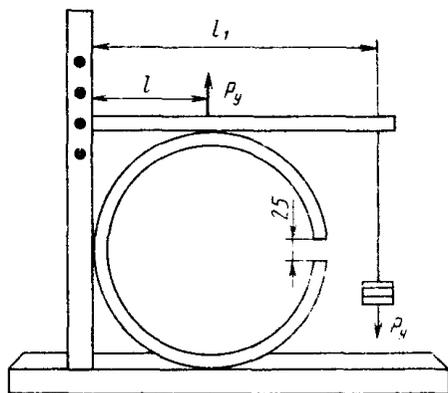


Рис. 5.68. Схема приспособления для проверки упругости поршневых колец

Допускаются радиальные зазоры (просветы) между кольцом и цилиндром на дуге  $45^\circ$  не более чем в двух местах и не ближе  $30^\circ$  от замка (рис. 5.69). Изнашивание по высоте происходит от трения наружных поверхностей колец о канавки поршня. Зазор между кольцом и торцом канавки поршня должен быть менее  $0,05\text{--}0,06\text{ мм}$  для новых колец и поршней и  $0,11\text{ мм}$  – для поршней с изношенными торцовыми поверхностями канавок. Увеличение зазора в замке кольца до  $1\%$  от диаметра цилиндра свидетельствует о полном износе кольца. Кольцо признается годным, если оно свободно прокатывается на любом участке канавки, имеет небольшую качку (но не смещается по высоте) и полностью погружается в канавку. Зазор по высоте проверяют щупом. Если кольцо входит туго, то его торцы обрабатывают на абразивном бруске или притиркой пастой ГОИ. Тепловой зазор в замке в случае необходимости увеличивают опилкой губок надфилем или плоским напильником.

Для выполнения текущих ремонтов зарубежные фирмы рекомендуют специальную систему колец, состоящую из колец нормальных размеров и колец ремонтных размеров. Кольца нормальных размеров подходят для новых и работавших цилиндров. Они идентичны серийно выпускаемым кольцам, но имеют более высокую маслосъемную способность. Кольца ремонтных размеров применяют в том случае, когда из-за износа цилиндра происходят повышенный расход масла и потеря мощности. Эти кольца компенсируют большой износ цилиндра.

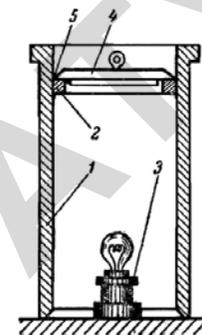


Рис. 5.69. Приспособление для проверки прилегания кольца к зеркалу цилиндра: 1 – гильза цилиндра; 2 – поршневое кольцо; 3 – лампочка; 4 – диск; 5 – щуп

Цилиндр приобретает по высоте форму неправильного конуса, а в поперечном сечении – форму овала. Основной причиной, вызывающей износ цилиндра в конце хода поршня, является истирающее действие поршневых колец, которое увеличивается к концу сжатия в цилиндре (рис. 5.70).

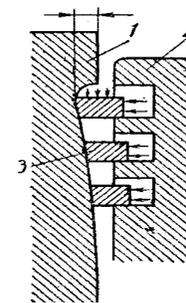


Рис. 5.70. Места износа цилиндра в результате неравномерного давления поршневых колец: 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – кольцо

Овальный износ цилиндра происходит в результате неравномерного давления поршневых колец на стенки цилиндра. Наиболее высокое давление поршневых колец на стенках цилиндра бывает в плоскости, перпендикулярной оси поршневого пальца. Следовательно, цилиндр всегда будет иметь наибольший износ в плоскости, перпендикулярной оси вала (рис. 5.71).

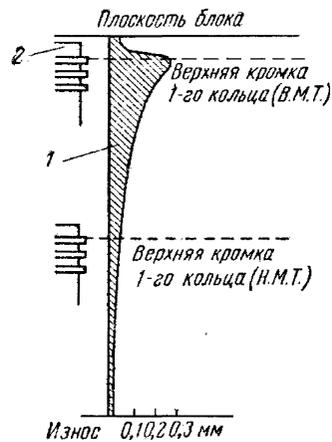


Рис. 5.71. Кривая износа цилиндра:  
1 – цилиндр; 2 – поршень

Клапанные пластинки подвержены поломкам. Обломки пластинок, попав внутрь цилиндра компрессора, образуют царапины на стенках цилиндра и головке поршня (рис. 5.72). При значительном износе уплотняющей поверхности седла клапана с полосовыми пластинками его шлифуют, а затем притирают по плите. При проверке на плите щуп 0,03 мм не должен проходить между плитой и плоскостью седла. Для изготовления пластин применяют ленту высокой точности, которая имеет предельное отклонение по толщине – 0,05 мм и по ширине – 0,2 мм. Кромки ленты закруглены шлифованием или при изготовлении путем расплющивания проволоки.

Ремонт вала с мелкими повреждениями заключается в шлифовке вручную при помощи хомута (рис. 5.73).

При продолжительной работе и большом износе шеек вала их целесообразно ремонтировать вибродуговой наплавкой с последующей проточкой и шлифовкой. Вал компрессора, имеющий износ шейки примерно на 6 мм в области работы мягкой сальниковой набивки, ремонтируют с помощью насадки цельной втулки (рис. 5.74). Замену изношенных вкладышей производят вкладышами ремонтных размеров, при этом зазор в подшипниках обеспечивается за счет шлифования вала под ремонтный размер. Для уменьшения трения в подшипниках их вкладыши заливают антифрикционными металлами (баббит, бронза).

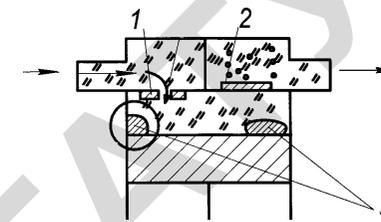


Рис. 5.72. Разрушение всасывающего клапана:  
1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан; 3 – обломки

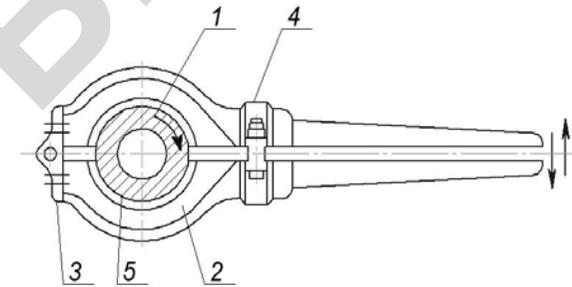


Рис. 5.73. Шлифовка шеек вала хомутом:  
1 – шейка вала; 2 – хомут; 3 – петля; 4 – бугель; 5 – наждачная бумага

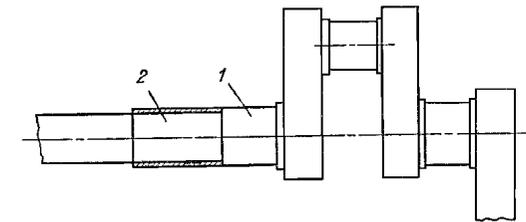


Рис. 5.74. Насадка цельной втулки на изношенную шейку вала:  
1 – изношенная и проточенная шейка вала; 2 – втулка

Коленчатый вал подвергают динамической балансировке. 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. 5.75), т. е. возникнет пара сил, образующая возмущающий момент:

$$M = F_1 L = m r \omega^2 L.$$

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 компрессора. Для динамической уравновешенности детали необходимо убрать возмущающий момент и 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  $F_1 L = R_1 l$ , где  $l$  – расстояние между уравновешенными массами.

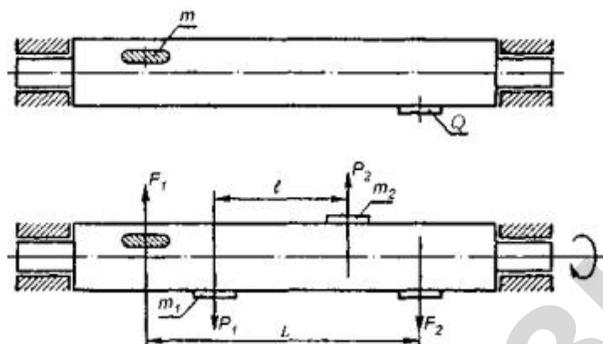


Рис. 5.75. Схема динамического уравновешивания:

$m$  – неуравновешенная масса;  $Q$  – статистически 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

Динамическую балансировку коленчатого вала проводят на специальных стендах, принцип действия которых заключается в следующем (рис. 5.76). Деталь помещают на упругие опоры (люльки) стенда и вращают. Под действием неуравновешенных центробежных

сил инерции и их моментов люльки будут колебаться в горизонтальной плоскости. Колебания опор приводят в движение связанные с ними катушки датчиков, находящиеся в магнитном поле постоянных магнитов, в результате чего в обмотках катушек наводится электродвижущая сила, значение которой пропорционально амплитуде колебаний. Таким образом, датчики преобразуют механические колебания люлек в электрические. Сигналы от датчиков подводятся к блоку усиления и далее поступают на миллиамперметр, шкала которого проградуирована в единицах дисбаланса ( $г \cdot см$ ), и на безинерционную лампу стробоскопа, которая освещает цифры на вращающемся лимбе. Цифры показывают угол (в градусах) расположения дисбаланса. Угловое расположение дисбаланса отсчитывают по лимбу и устанавливают по стрелке на маховике. Измерение дисбаланса и его уравнивание осуществляют поочередно для каждой из опор (правой и левой), для чего на пульте управления имеется переключатель. На таком принципе основано устройство универсальной балансировочной машины МБ-У4, включающей механическую часть, измерительное устройство с датчиком и стробоскопом и электропривод с устройством автоматической смазки вкладышей под шейки балансируемой детали. Для контроля и настройки балансировочной машины к ней придают контрольный вал с эталонным грузом. При балансировке включают вращение детали. По достижении заданной частоты вращения детали с помощью электромагнитов люльки автоматически растормаживаются. После этого определяют дисбаланс и угол его расположения для одной опоры. Снимают часть металла (у коленчатого вала, например, с противовеса), добиваясь допустимого значения дисбаланса. Затем те же операции выполняют для другого конца детали. Когда двигатель выключают, электромагниты обесточиваются и запирают люльки. Массу ( $г$ ) снимаемого или добавляемого металла определяют по формуле:

$$G = \frac{M}{r}, \quad (5.12)$$

где  $M$  – дисбаланс (показания миллиамперметра),  $г \cdot см$ ;

$r$  – расстояние от оси вращения детали до места снятия металла или прикрепления груза,  $см$ .

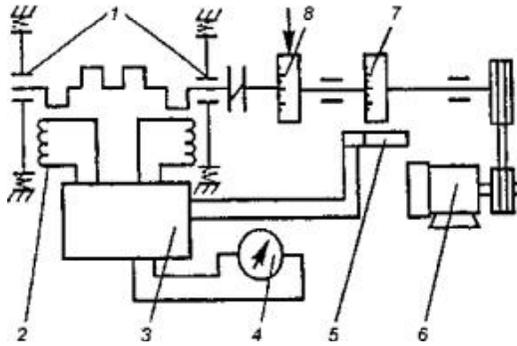


Рис. 5.76. Схема машины для динамической балансировки коленчатых валов:

1 – люлька; 2 – датчик колебаний; 3 – блок усиления; 4 – миллиамперметр; 5 – лампа стробоскопа; 6 – электродвигатель; 7 – лимб стробоскопа; 8 – маховик

Если детали или отдельные их элементы невозможно восстановить до прежних размеров либо процесс восстановления экономически нецелесообразен, то ремонт детали производят способом ремонтных размеров (рис. 5.77). Наиболее часто этот способ применяют для сопрягаемых деталей типа «вал–втулка».

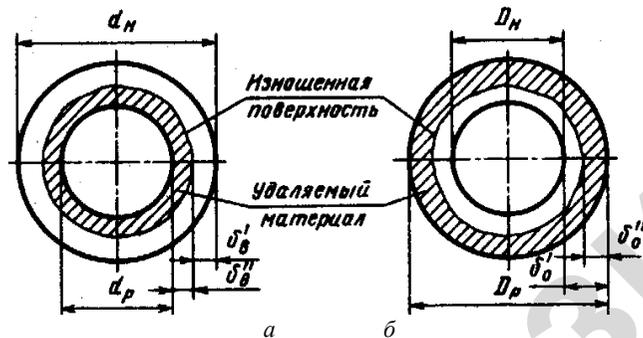


Рис. 5.77. Схемы определения ремонтных размеров поверхностей по результатам износа:  
а – вала; б – втулки

В этом случае из двух сопрягаемых деталей ремонтируют одну, наиболее дорогостоящую или металлоемкую деталь (например, коленчатый вал), а другую (например, шатун в сборе с вкладышем) изготавливают заново. Перевод ремонтируемой детали на ремонтный

размер в ряде случаев производят до четырех раз. Обычно ремонтные размеры для часто ремонтируемых деталей рассчитывают заранее, но можно определить эти размеры и в процессе ремонта. При переводе деталей на следующий ремонтный размер диаметр ремонтируемого вала постепенно уменьшается, а диаметр отверстия ремонтируемой детали постепенно увеличивается. Очередной ремонтный размер ремонтируемого вала

$$d_{pp} = d_n - 2n_b (\delta'_b + \delta''_b), \quad (5.13)$$

где  $d_n$  – номинальный диаметр вала новой детали, мм;

$n_b$  – порядковый номер ремонтного диаметра вала;

$\delta'_b$  – допустимый износ вала (на радиус) за межремонтный период, мм;

$\delta''_b$  – припуск на механическую обработку вала за один ремонт (на радиус), мм.

Ремонтный интервал диаметра вала

$$\gamma_b = 2(\delta'_b + \delta''_b). \quad (5.14)$$

При определении ремонтного размера отверстия учитывают, что отверстие при ремонте увеличится. Ремонтный размер отверстия

$$D_{pp} = D_n + n_o \gamma_o, \quad (5.15)$$

где  $D_n$  – номинальный диаметр отверстия новой детали, мм;

$n_o$  – порядковый номер ремонтного размера отверстия;

$\gamma_o$  – ремонтный интервал диаметра отверстия, мм.

Число ремонтных размеров устанавливают, исходя из предельно допустимого размера сопрягаемых элементов деталей, а именно, из минимального диаметра ремонтируемого вала  $d_{min}$  и максимального диаметра ремонтируемого отверстия  $D_{max}$ . Значения  $D_{max}$  и  $d_{min}$  определяют исходя из расчета на прочность и конструктивных особенностей детали.

Ремонтные размеры цилиндров компрессоров

Показатель	Размер
Номинальный диаметр, мм	67,5 <sup>+0,03</sup>
Предельно допустимый диаметр (без ремонта), мм	67,625
Ремонтные размеры, мм:	
– первый	68,5 <sup>+0,03</sup>
– второй	69,5 <sup>+0,03</sup>
– третий (гильзование)	67,5 <sup>+0,03</sup>
Овальность и конусность, мм:	
– допустимые (по чертежам)	0,015
– допустимые (без ремонта)	0,06

Обкатку компрессора проводят на стенде. Производительность компрессора (м<sup>3</sup>/мин) определяют при номинальной частоте вращения по времени заполнения воздухом баллона объемом 40 л до давления 0,5 Мпа. Время заполнения баллона для компрессоров, например, ФУ-12 должно быть не более 15 с, ФВ-6 – 30, САФ-23 – 91 и ФАК-0,7У – 160 с. Негерметичность рабочей полости компрессора позволяет воздуху перетекать из полости высокого давления в полость низкого. Например, даже при удовлетворительном состоянии поршневых уплотнительных колец через неплотности поршневого уплотнения протекает от 0,5 до 3 % всего количества всасываемого воздуха. Неплотности сальникового уплотнения достигают 0,1 % производительности насоса. Ошибочная эксплуатация и плохое качество клапанов уменьшают его значение до 30 %. Увеличение удельных затрат энергии (более 10–30 %) обусловлено перетеканием воздуха из ячеек сжатия в ячейки всасывания.

Для оценки технического состояния компрессора могут быть использованы индикаторные диаграммы. По диаграммам могут быть определены: индикаторное давление в рабочей камере компрессора, индикаторная работа и мощность, объемная производительность, а также неисправности и их причины. Сопоставление диаграмм, снятых с работающего компрессора, с нормальной диаграммой позволяет по смещению характерных точек судить о возможных неисправностях и отклонениях (рис. 5.79).

При ремонте терморегулирующего вентиля на стенде проверяют его максимальный и минимальный перегрев и производительность.

Число ремонтных размеров для вала ( $n_{pv}$ ) и отверстия определяют по формулам:

$$\begin{cases} n_{pv} = \frac{d_H - d_{min} - 2\delta'_B}{\gamma_B} \\ n_0 = \frac{D_H - D_{min} - 2\delta'_0}{\gamma_0} \end{cases} \quad (5.16)$$

При определении ремонтных размеров поверхностей по результатам контроля износа (рис. 5.78) под  $\delta'_B$  и  $\delta'_0$  понимают предельные (максимальные) фактические значения износа вала (отверстие) на радиус за межремонтный период;  $\delta''_B$  и  $\delta''_0$  – минимально необходимые значения припуска на механическую обработку вала (отверстие) на радиус за один ремонт.

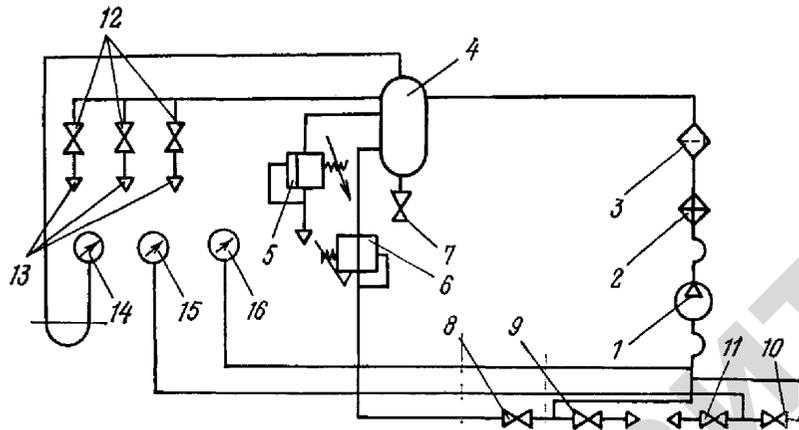


Рис. 5.78. Пневматическая схема обкаточного стенда:

- 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – влагоотделитель; 4 – емкость;  
5 – предохранительный клапан; 6–12 – вентили; 13 – жиклер; 14 – манометр;  
15 – вакуумметр; 16 – мановакуумметр

При ремонте одной и изготовлении другой сопрягаемых деталей следует учитывать допуски на размер, определяющие характер посадки в сопряжении. Ремонтные размеры цилиндров компрессоров приведены в табл. 5.7.

Максимальный перегрев терморегулирующего вентиля определяют предельным сжатием пружины клапана. Давление воздуха, продуваемого через терморегулирующий вентиль, должно быть 0,12 МПа на выходе. При проверке минимального перегрева это давление должно составлять 0,2 МПа. Производительность терморегулирующего вентиля оценивают по расходу воздуха через ротаметр (рис. 5.80).

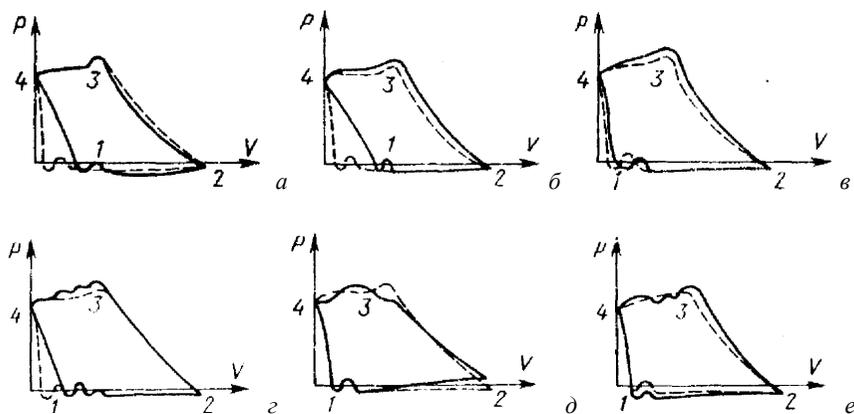


Рис. 5.79. Индикаторные диаграммы технического состояния компрессора: а – увеличенный защемленный объем; б – неплотности клапана нагнетания; в – увеличенное сопротивление всасывающего и нагнетательного трубопроводов; г – пропуски газа между поршнем и зеркалом цилиндра; д – неплотность всасывающего клапана; е – жесткие пружины клапанов

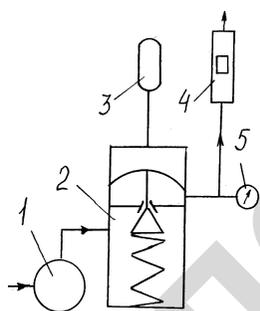


Рис. 5.80. Схема проверки производительности термовентилей: 1 – компрессор; 2 – терморегулирующий вентиль; 3 – термобаллон; 4 – ротаметр; 5 – манометр

Зарядка управляющей линии термовентилей производится из мерного сосуда, предварительно вакуумированного и заправленного необходимым количеством хладагента из баллона (рис. 5.81).

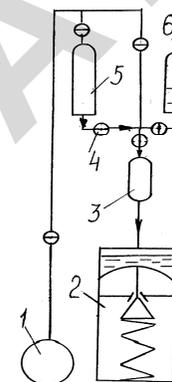


Рис. 5.81. Схема заправки термовентилей: 1 – насос; 2 – термовентиль; 3 – термобаллон; 4 – вентиль; 5 – мерный сосуд; 6 – баллон

Необходимое количество хладагента для заправки приборов ТРВ-0,5М; ТРВ-1М; ТРВ-2М определяют по мерному стеклу (табл. 5.8).

Таблица 5.8

Количество хладагента в управляющей линии термовентилей

Тип прибора	Показатели хладагента	
	Метка по мерному стеклу, мм	Масса, г
ТРВ-0,5М; ТРВ-1М; ТРВ-2М	15	1,8–2,1
ТРВ-7; ТРВ-0,5М; ТМХ-3,5	10	0,9–1,1
ТРВК-20; ТР-1	6–7	0,5–0,7

В некоторых случаях управляющие линии терморегулирующего вентиля заправляют жидким хладагентом такого количества, чтобы объем заправки  $V_3$  превышал бы сумму объемов управляющей полости и капиллярной трубки  $V_{уп} + V_{кт}$ , соединяющей термобаллон (Тб) с управляющей полостью (рис. 5.82).

Если холодильная система испытывает значительное увеличение нагрузки, то применяют терморегулирующие вентили, ограничивающие давление (рис. 5.83). Как правило, вентиль, ограничивающий

давление, выбирают для максимального давления приблизительно от 34,5 до 70 кПа (выше среднего давления в испарителе при нормальной нагрузке). В результате ограничения давления в термобаллоне также ограничивается максимальное рабочее давление. Из-за критического заполнения термобаллона с газом необходимо соблюдать предосторожности при установке терморегулирующего вентиля с газовым заполнением в системе. Сам клапан устанавливают в более теплом месте, нежели его термобаллон. Также трубка, соединяющая термобаллон с головкой клапана, не должна прикасаться к поверхностям более холодным, чем термобаллон. Если не соблюдать данные условия, терморегулирующий вентиль перестанет работать из-за недостатка жидкости в термобаллоне.

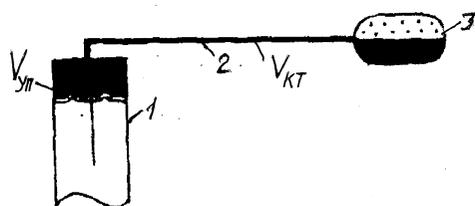


Рис. 5.82. Заправка термобаллона ТРВ:

1 – корпус терморегулирующего вентиля; 2 – капиллярная трубка; 3 – термобаллон;  
 $V_{КТ}$  – объем капиллярной трубки;  $V_{уп}$  – объем управляющей полости

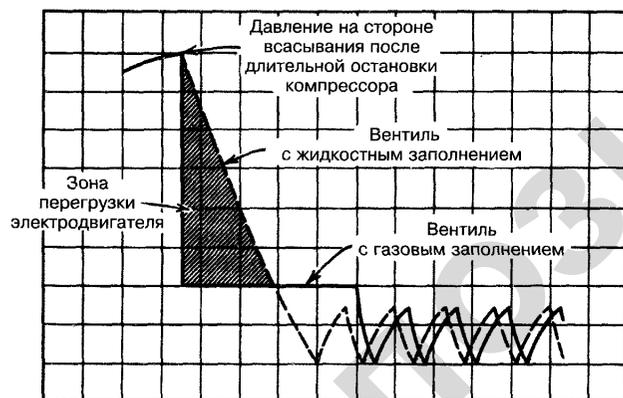


Рис. 5.83. Диаграмма сравнения работы ТРВ с газовым и жидкостным заполнением термосистемы при понижении температуры

Терморегулирующие вентили с заполнением термобаллона хладагентом системы подходят для средне- и высокотемпературных устройств, и они обычно не удовлетворяют требованиям низкотемпературного оборудования. Это обусловлено тем, что изменение давления на градус изменения температуры значительно уменьшается при понижении температуры хладагента (рис. 5.84). Количество перегрева для желаемого увеличения давления в термобаллоне увеличивается вместе с температурой в испарителе. Количество перегрева, требуемого для регулирования иглы ТРВ при низкой температуре, становится чрезмерным, если термобаллон заполнен тем же хладагентом, что и система. Следовательно, полезная площадь теплопередающей поверхности испарителя уменьшается при увеличении требуемого перегрева процесса.

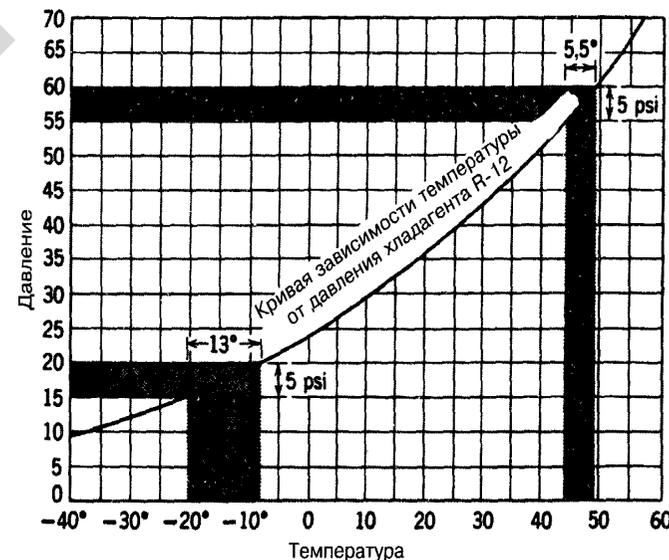


Рис. 5.84. Диаграмма температурного диапазона работы ТРВ на поддерживаемый перегрев

Для низкотемпературных устройств термобаллон вентиля заполняют хладагентом, отличным от используемого в системе (рис. 5.85). По сравнению с терморегулирующим вентилем (с газовым заполнением), у них меньше скачков нагрузки, и установка термобаллона

не столь важна. Температура кипения хладагента в термобаллоне ниже, чем температура кипения хладагента системы, и изменение давления на градус перегрева всасываемого пара более существенное при желаемой рабочей температуре в испарителе. Кривая температуры и давления термобаллона *B* несколько более пологая, чем кривая хладагента системы *A*. Следовательно, при увеличении давления в испарителе большее количество перегрева приводит клапан в состояние равновесия.

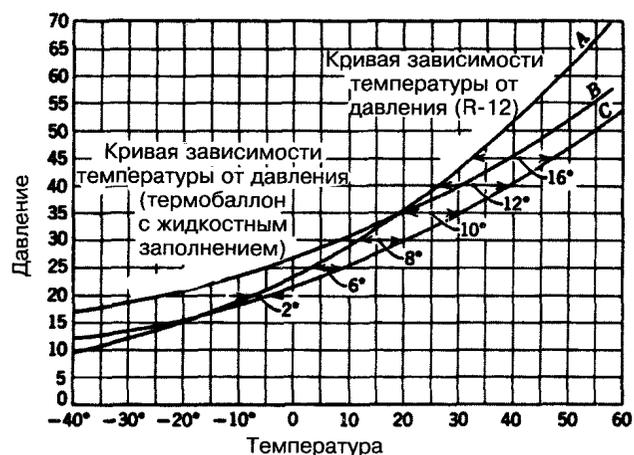


Рис. 5.85. Рабочие характеристики терморегулирующего вентиля с перекрестным заполнением термосистемы:  
*A* – зависимость температуры от давления хладагента системы;  
*B* – зависимость температуры от давления хладагента в термобаллоне;  
*C* – зависимость температуры от давления вентиля с заданным перегревом 5 °С

Настройку блока давления осуществляют, вращая регулировочные винты до совмещения острой указательной стрелки с рисками, соответствующим требуемым значениям давлений срабатывания (рис. 5.86).

Реле контроля смазки обеспечивает автоматическую защиту компрессоров от понижения разности давлений в системе смазки. Оно также контролирует разность давлений, создаваемую насосами хладагентов (рис. 5.87). Заданную разность давлений регулируют винтом 7. Значение установленной разности давлений указывает стрелка 5 на шкале 6.

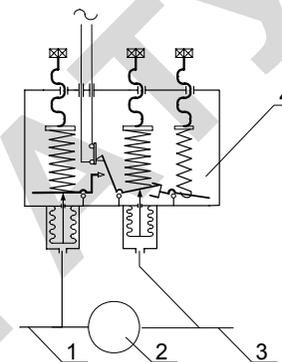


Рис. 5.86. Регулировочные винты реле давления:  
 1 – трубопровод высокого давления; 2 – компрессор;  
 3 – трубопровод низкого давления; 4 – реле давления

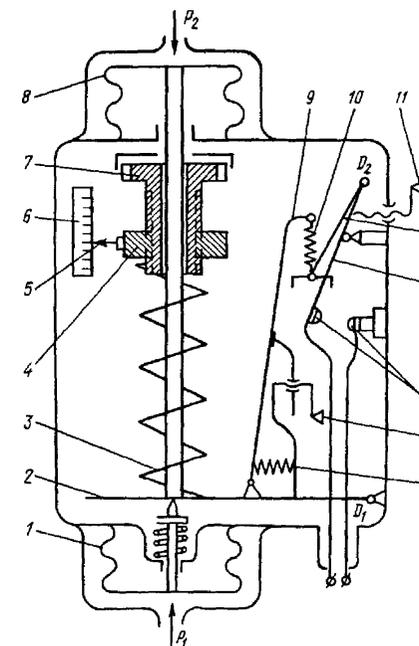


Рис. 5.87. Схемы реле контроля смазки:  
 1, 8 – сильфоны; 2, 9 – рычаги; 3, 10, 16 – пружины; 4 – втулка; 5 – стрелка;  
 6 – шкала; 7 – винт; 11 – винт регулировки дифференциала; 12 – поводок;  
 13 – планка контактная; 14 – контакты; 15 – винт юстировочный

На рис. 5.88 изображено приспособление для навивки на токарном станке круглых змеевиков из красномедных и алюминиевых труб, а также из стальных труб небольших диаметров. Его левый конец закрепляется в трехкулачковом патроне, а правый поддерживается центром задней бабки. Заготовка трубы закрепляется при помощи костыля 1. При навивке змеевика шпинделю станка сообщают медленное вращение. Профиль винтовой канавки на поверхности приспособления должен точно соответствовать наружному диаметру навиваемой трубы. Учитывая некоторую упругость змеевика, диаметр оправки по впадинам винтовой канавки делают несколько меньшим, чем внутренний диаметр готового змеевика. Для создания лучших условий формирования змеевика иногда используют обкатный ролик, держатель которого закрепляется в резцедержателе суппорта. После навивки задняя бабка отводится, конец змеевика освобождается, и он свинчивается с оправки. При наличии необходимой оснастки змеевики можно навивать и на трубогибочных станках.

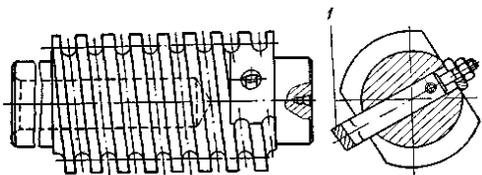


Рис. 5.88. Приспособление для навивки змеевиков

При монтаже приборов пользуются приспособлениями для развальцовки и раскатки, резки и пайки трубок. Для разделения трубы диаметром от 6 до 22 мм на участки применяют труборез (рис. 5.89).

Плоскость торца обрезанной трубки должна быть перпендикулярна ее оси. Не допускаются скосы, неровности и завал краев на срезе трубки (рис. 5.90). Срез зачищается наждачной бумагой, причем во время обработки трубку держат срезом вниз, чтобы исключить попадание пыли внутрь.

После того как на обрезанную трубку надета накидная гайка, срез трубки разбортовывается (рис. 5.91). Для этого необходимо трубку отжечь, собрать приспособление, заложить конец трубки

в соответствующее ее диаметру отверстие (она должна выступать над плоскостью на 2–3 мм) и вращением воротка зажать ее в отверстии. Затем с помощью воротка вставить конус в выступающий конец и, вращая вороток на  $\frac{1}{4}$  оборота и обратно, развальцевать конец на угол, соответствующий углу сопрягаемого конуса.

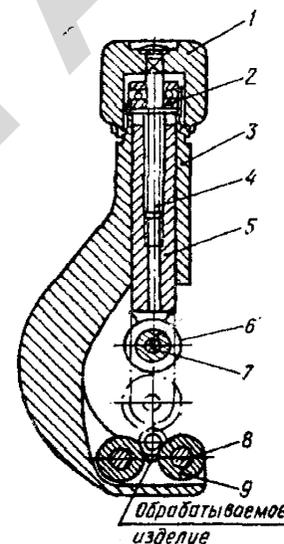


Рис. 5.89. Труборез:  
1 – головка; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – винт; 5 – шток;  
6 – резец; 7, 8 – оси; 9 – ролик



Рис. 5.90. Дефекты срезов соединительной трубки



Рис. 5.91. Дефекты разбортовки трубки

Для сгиба трубок используют трубогиб (рис. 5.92). Трубогибочным приспособлением изгибают на угол до  $240^\circ$  алюминиевые и отожженные медные трубки (диаметр 4,75–16,00 мм) или стальные трубки (диаметр 4,75–10,00 мм). Радиус изгиба трубки – 57 мм.

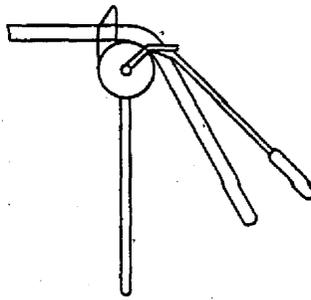


Рис. 5.92. Сгиб трубки трубогибом

Концы сопрягаемых трубок при соединении их пайкой раскатывают с помощью приспособления (рис. 5.93). В комплект приспособления входят девять сменных цанг 1, которые имеют размеры, соответствующие размерам соединяемых трубок. При сжатии рукояток кулачок 4 через конус 3 разведет элементы цанги таким образом, что конец трубки будет увеличен на диаметр, указанный маркировкой на цанге.

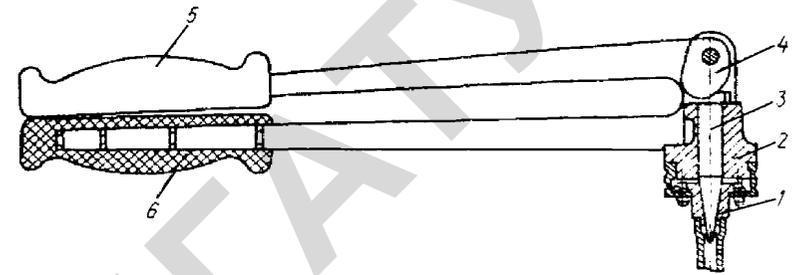


Рис. 5.93. Приспособление для раскатки трубок:  
1 – цанга; 2 – основание; 3 – конус; 4 – кулачок; 5, 6 – рукоятки

Длинная капиллярная трубка  $l_{03}$  (рис. 5.94), или трубка заданной длины, но с меньшим внутренним диаметром, снижая расход жидкости через испаритель, увеличивает перегрев на всасывании в компрессор. Как следствие, корпус компрессора перегревается. Короткий капилляр  $l_{02}$  (или той же длины, но с большим диаметром), увеличивая поступление в испаритель жидкого хладагента, снижает перегрев на линии всасывания и повышает давление кипения.

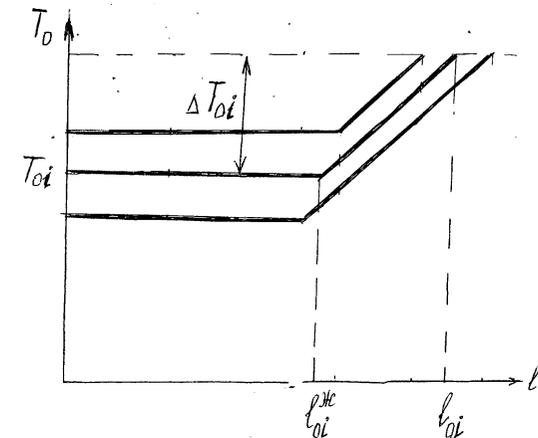


Рис. 5.94. Графики влияния длины капиллярной трубки на величину перегрева пара:

$l_{0i}$  – длина трубки;  $l_{0i}^*$  – высота уровня жидкого хладагента в испарителе при различных длинах капиллярной трубки и одинаковых тепловых нагрузках;  $\Delta T_{0i}$  – перегрев паров хладагента;  $T_{0i}$  – температура кипения

Если капилляр холодильного агрегата закупорен, то в испаритель поступает недостаточное количество хладагента. При этом холодопроизводительность снижается, увеличивается перегрев паров хладагента, и корпус компрессора греется. Такие же признаки появляются и при недостаточном количестве хладагента в контуре. Однако при закупоренном капилляре переохлаждение жидкости в конденсаторе нормальное, поскольку хладагента в нем содержится в избытке. При недостаточном же количестве хладагента его также мало и в конденсаторе, поэтому переохлаждение жидкого хладагента после конденсатора отсутствует. Способ установления закупоривания капиллярной трубки основан на выравнивании давления в холодильном контуре при остановке компрессора (рис. 5.95). При закупоривании капиллярного устройства процесс самовыравнивания протекает тем медленнее, чем сильнее закупорен (засорен) капилляр.

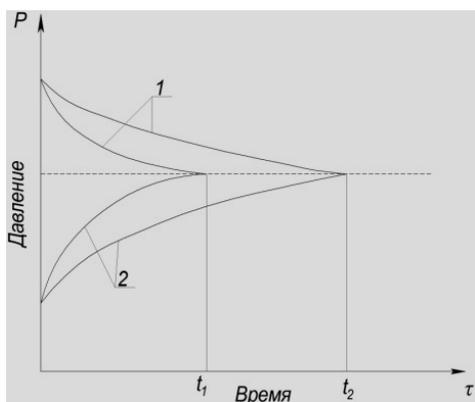


Рис. 5.95. Способ установления закупоривания трубки:  
1 — линия высокого давления; 2 — линия низкого давления;  
 $t_1$  — время, характеризующее недостаток хладагента в системе;  
 $t_2$  — время, характеризующее закупоривание капиллярной трубки

Устраняют смещение осевого вентилятора от центральной оси конденсатора в горизонтальном или вертикальном направлении (рис. 5.96). Это смещение является следствием, например, применения слишком длинного или слишком короткого приводного ремня. Такое положение снижает теплообменную поверхность конденсатора, вызывая аномальный рост давления конденсации.

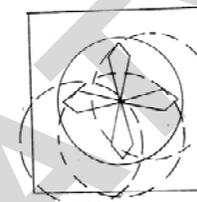


Рис. 5.96. Радиальное смещение винта вентилятора

Теплопередающая поверхность аппаратов загрязняется как со стороны хладагента, так и со стороны хладоносителя. Коэффициенты теплопередачи после длительной эксплуатации могут снизиться на 40–50 % по сравнению с чистыми аппаратами, что объясняется большим термическим сопротивлением загрязнений. Прочищают конденсатор от пыли волосяной щеткой, затем промывают теплой водой (не выше 50 °С). Если ребра конденсатора забиты липкой грязью, то применяют 3–5%-й теплый раствор кальцинированной соды. Для промывки в резервуар приспособления (рис. 5.97) заливают 6–7 л горячей воды или раствора, насосом создают избыточное давление  $(2-3) \cdot 10^5$  Па и, открывая кран на шланге с наконечником, промывают ребра конденсатора. Затем оставшуюся на поверхности конденсатора воду удаляют сжатым воздухом из того же приспособления.

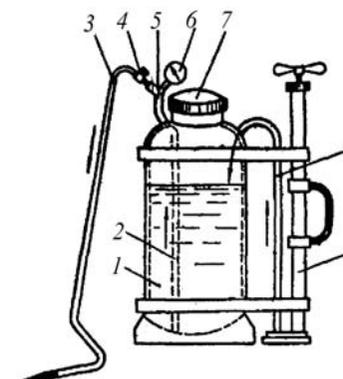


Рис. 5.97. Приспособление для промывки конденсаторов:  
1 — резервуар; 2 — внутренняя трубка; 3 — шланг с наконечником; 4 — кран;  
5 — тройник; 6 — манометр; 7 — горловина с крышкой; 8 — кислородный шланг;  
9 — автомобильный насос

Основной метод выявления щелей холодильного контура – создание в системе избыточного давления газов, или вакуумирование (рис. 5.98).

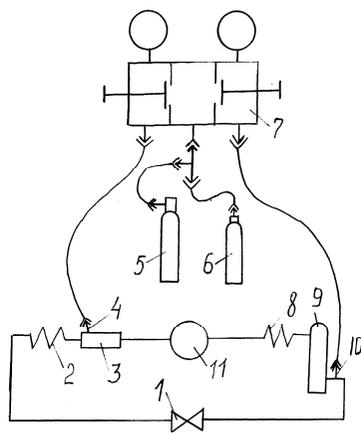


Рис. 5.98. Схема проверки герметичности контура:

1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр; 4, 10 – штуцеры; 5 – насос вакуумный; 6 – баллон; 7 – коллектор; 8 – конденсатор; 9 – ресивер; 11 – компрессор

Контур заполняют парами хладагента до давления 30–40 кПа, а затем через редуктор давления – сухим азотом до давления 0,9–1,0 МПа. Поднимают давление в холодильном контуре до 1000 кПа и выдерживают его в течение 10–12 ч. Использование для этой цели воздуха, даже осушенного, нежелательно. Это обусловлено ухудшением свойства ряда масел при контакте с воздухом. Присутствие паров хладагента в контуре ускоряет проверку герметичности соединений, которую осуществляют с помощью электронного течеискателя.

### 5.5.2. Регенерация масла и хладагента

Система смазки компрессора должна обеспечивать состояние надежной и бесперебойной подачи масла, очищенного от загрязнений, к трущимся частям компрессора. Неудовлетворительная подача масла к трущимся поверхностям может быть вызвана следующими причинами: низким качеством масла и дефектами

в маслопроводящей системе. При ремонте выполняют следующие основные работы:

- а) очистка фильтров, маслопроводов, арматуры и промывка их керосином;
- б) выявление и устранение неплотностей маслопроводов и арматуры;
- в) разборка масляного насоса и проверка степени износа его деталей;
- г) проверка приборов автоматики и контроль смазки.

Ремонт поршневых масляных насосов сводится к притирке, шлифованию цилиндров, а в случае значительного износа – к замене изношенных деталей или насоса в целом. Вся масляная система продувается сжатым воздухом, при этом из нее удаляются все загрязнения и контролируется проходимость всех участков масляной системы.

В процессе регенерации из масел удаляются продукты их старения, разложения, механические примеси, вода. Очистке подвергают масла с кислотным числом, отличающимся от кислотности чистого масла более чем на 0,3 мг КОН на 1 г масла и содержанием смол более 0,3 %. Для регенерации отработавших масел применяют в основном два способа очистки: перколяционный и контактный. При первом способе восстанавливаемое масло фильтруется через слой адсорбента. При контактной очистке отработавшее масло при 70–75 °С смешивается с порошкообразным адсорбентом в течение определенного времени, а затем освобождается от него на фильтр-прессе. Регенерированное масло подвергается глубокой осушке и фильтрации от механических примесей. Эффективными адсорбентами являются окись алюминия  $Al_2O_3$  (основная, щелочная, нейтральная), цеолиты, силикагели, активированный уголь, аниониты. Частичная регенерация масел может производиться непосредственно в работающей холодильной машине, в которую встраивают соответствующие фильтры с адсорбентами.

Для осушки минеральное масло из бака 1 (рис. 5.99) шестеренчатым насосом 2 подается в нагреватель 3, где его температура повышается до 60 °С и снижается вязкость (этап I). Далее насосом масло перекачивается в бак 4 через адсорбер 5, заполненный цеолитом, до тех пор, пока не будет достигнута заданная степень обезвоживания (этап II). Затем масло подают в бак осушенного масла через адсорбер 5 (этап III).

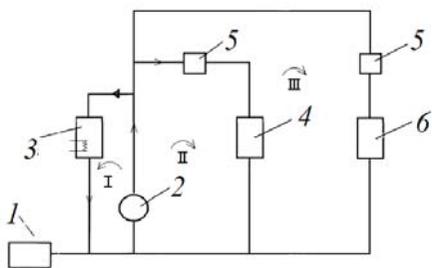


Рис. 5.99. Этапы осушки минерального масла:  
 I – нагрев; II – осушка; III – подача в бак; 1 – бак масляный; 2 – насос;  
 3 – нагреватель; 4 – бак; 5 – адсорбер; 6 – накопитель

В процессе ремонта хладоновых компрессоров необходима замена смазочного масла на новое или отрегенерированное. Проводимые анализы физико-химического состава масла, извлеченного из поступивших в ремонт хладоновых компрессоров и отработавших различный срок, показывают, что наблюдается существенное различие его остаточной годности, которая в производственных условиях может быть определена путем визуального контроля по цвету. В процессе эксплуатации смазочное масло засоряется в первую очередь примесями органических кислот, наличие которых вызывает изменение его цвета от светло-желтого до черного. Масло черного цвета, содержащее наибольшее количество кислот, практически непригодно для дальнейшего использования даже после выполнения всего комплекса операций, связанных с его регенерацией.

При удалении смазочного масла из поступивших в ремонт хладоновых компрессоров обязательны контроль его по цвету и разделение по этому признаку путем помещения в отдельные баки. Обязательного отделения требует масло черного цвета, которое, как правило, извлекается из кожухов хладоновых компрессоров, поступивших в ремонт по причине «грязного» сгорания лаковой изоляции обмоток статора, который встроен в электродвигатель.

Масло от светло-желтого до коричневого цвета собирают в отдельные герметично закрывающиеся баки и подвергают регенерации. Для этих целей разработана специальная установка, обеспечивающая ускоренный сбор и осушку смазочного масла в зависимости от его цвета с последующим его разливом в соответствующие баки. Учитывая, что оценку масла необходимо производить для каждого

отдельно взятого ремонтируемого компрессора, сливать масло следует через герметичный тракт, находящийся под вакуумом.

Для снижения трудоемкости регенерации смазочного масла желто-коричневого цвета используется установка (рис. 5.100), в которой отделение загрязнений и остатков холодильного агента осуществляется включением в технологию очистки в качестве рабочих тел хладонов ограниченной и неограниченной растворимости.

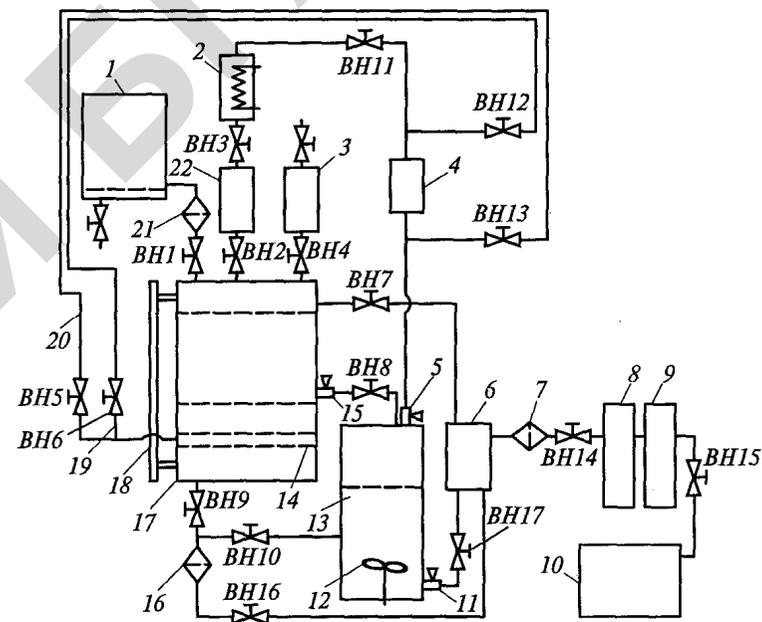


Рис. 5.100. Схема установки для регенерации холодильного масла ХФ-12-18(16):  
 1, 3, 22 – баки; 2 – конденсатор; 4 – компрессор; 5, 11 – патрубki; 6 – масляный насос;  
 7 – фильтр тонкой очистки; 8, 9 – адсорбционные колонки; 10 – сменная тара;  
 12 – мешалка; 13 – бак-распределитель; 14 – затвор-оболочка; 15 – спускной патрубок;  
 16 – фильтр-сборник; 17 – бак-отстойник; 18 – уровнемер; 19, 20 – трубопроводы;  
 21 – фильтр грубой очистки; BH1–BH17 – запорные вентили

Установка содержит бак 1 для отработанного смазочного масла, соединенный посредством фильтра 21 грубой очистки с баком-отстойником 17, который имеет уровнемер 18. Сливной патрубком бака соединен через фильтр-сборник 16 с масляным насосом 6. Спускной патрубком 15 бака-отстойника 17 подсоединен к баку-распределителю 13.

В баке-распределителе имеются мешалка 12 и паровой патрубок 5, подключенный к всасывающему патрубку компрессора 4. Нагнетательный патрубок компрессора подсоединен к конденсатору 2 водяного охлаждения. Конденсатор же соединен с баком 22 с хладоном неограниченной растворимости и регенерируемым маслом. Бак 22 подсоединен к баку-отстойнику, в котором расположен затвор-оболочка 14, соединенный с помощью трубопроводов 19 и 20 с всасывающим и нагнетательным патрубками компрессора 4. Для отделения механических загрязнений предусмотрен бак 3 с хладоном ограниченной растворимости и регенерируемым маслом. Насос 6, посредством фильтра тонкой очистки 7 соединенный с адсорбционными колонками 8 и 9 для поглощения влаги и кислот, подает холодильное масло в сменную тару 10. Для подачи масла из бака-распределителя 13 в насосе 6 предусмотрен сливной патрубок 11. Для обеспечения процесса регенерации установлены запорные вентили ВН1–ВН17.

Отработанное масло при ремонте хладоновых компрессоров после сбора и дефектации сливают в бак 1, откуда оно поступает через фильтр грубой очистки 21 при открытом вентиле ВН1 в бак-отстойник 17 с уровнем 18 и затвором-оболочкой 14, находящемся в исходном положении. В бак-отстойник 17 поступают также хладоны с ограниченной и неограниченной растворимостью соответственно из баков 3 и 22 посредством вентиля ВН2 и ВН4. Введение хладона с неограниченной растворимостью снижает вязкость масла и увеличивает интенсивность оседания загрязнений на дно бака-отстойника 17, что уменьшает трудоемкость реализации процесса регенерации, а введение хладона с ограниченной растворимостью – отделение отстоя загрязнений масла. Наличие затвора-оболочки 14 при введении в него газообразного хладона с помощью компрессора 4 по трубопроводу 20 при открытых вентилях ВН5 и ВН12 позволяет предотвратить смешивание осадка с хладоном ограниченной растворимости при удалении масляного слоя посредством спускного патрубка 15 в бак-распределитель 13 при открытом вентиле ВН8. При заполнении бака-распределителя 13 на 0,7 его высоты вентиль ВН8 закрывается и включается мешалка 12, способствующая интенсификации выделения хладона из регенерируемой массы масла, который посредством компрессора 4 через патрубок 5 отсасывается и подается в конденсатор водяного охлаждения 2.

Через сливной патрубок 11 холодильное масло поступает в насос и подается через фильтр тонкой очистки 7 в адсорбционные колонки 8 и 9 и сменную тару 10. При этом вентили ВН14 и ВН15 открыты, а вентиль ВН17 закрыт. Для удаления осадка загрязнений из бака-отстойника 17 и бака-распределителя 13 их посредством трубопроводов при открытых вентилях ВН9 и ВН10 подсоединяют к фильтру-сборнику 16 разборного типа, откуда масло с хладоном ограниченной растворимости насосом 6 подается вновь в бак-отстойник 17. При этом вентиль ВН7 открыт, вентиль ВН14 закрыт, а затвор-оболочка 14 находится в исходном положении, что обеспечивает удаление из нее хладона по трубопроводу 20 компрессором 4 при открытых вентилях ВН5 и ВН13. Жидкий хладон из конденсатора 2 при открытом вентиле ВН3 поступает в бак 22 с хладоном неограниченной растворимости и регенерируемым маслом.

Повторное использование хладагента означает новую заправку уже использованного и слитого из установки хладагента в ту же установку, из которой он был извлечен. При этом перед новой заправкой проводят очистку хладагента от механических примесей, отделение содержащихся в нем масла, влаги и кислот, используя фильтрующие устройства. Гарантией чистоты хладагента может служить только предшествующая сливу нормальная работа установки. Запрещается повторное использование хладагента без его восстановления в случае перегорания обмотки электродвигателя или повторяющихся аварий. Подготовка хладагента к повторному использованию проводится без контроля его чистоты.

Существуют различные варианты экологически чистых технологий повторного использования отработанного хладона и технических средств их осуществления. Так, имеется стенд для разрядки холодильных агрегатов и регенерации хладагента. Он включает в себя последовательно смонтированные по ходу движения хладагента фильтр-осушитель, компрессор, теплообменник образовавшихся паров, сборник хладагента с охлаждающим змеевиком и ресивер, подсоединенный через терморегулирующий вентиль к выходному концу змеевика конденсатора. Недостатком данного стенда является отсутствие охлаждающего змеевика в ресивере для создания перепада давления между ним и конденсатором.

Известна также установка для откачки и регенерации хладагента, включающая в себя компрессор, маслоотделитель, конденсатор паров

хладагента, сборник масла, ресивер, фильтр-осушитель и змеевик, установленный в ресивере. При промывке маслоотделителя жидким хладонном из конденсатора масло удаляется не полностью с поверхности колец маслоотделителя, и поэтому при испарении хладона из обогреваемого сборника масла (при прохождении его паров через контактные кольца маслоотделителя) происходит загрязнение маслом паров хладона, поступающего в конденсатор. К тому же, давление в системе холодильного агрегата, поступающего в ремонт, составляет в среднем 0,5–0,6 МПа, поэтому при всасывании хладона в герметичный компрессор возникает высокое давление, снижающее надежность компрессора. Поскольку хладон в системе ремонтируемого холодильного агрегата находится при температуре окружающей среды (20–25 °С), при поступлении в кожух герметичного компрессора происходит его интенсивный подогрев до 115–125 °С, понижая надежность компрессора при увеличении температуры хладона.

Установка для регенерации хладона (рис. 5.101) включает в себя компрессор 7, обогреваемый сборник масла 9 с внутренним трубопроводом 10 (с электронагревателем 16), конденсатор водяного охлаждения 2, байпасную линию 18. В кожухе компрессора установлен датчик температуры 6, связанный с микропроцессором 12, управляющим работой электронагревателей. Для выполнения задаваемых режимов работы в установке имеются запорные вентили ВН1–ВН9. Для подсоединения установки к ремонтируемому холодильному агрегату предназначено соединительное устройство 13. Для контроля давлений в установке предусмотрены манометры, а для осушки хладона – фильтр-осушитель 5.

С помощью соединительного устройства 13 установка подсоединяется к ремонтируемому холодильному агрегату. При включении компрессора осуществляется отбор хладона из агрегата. На пути движения хладона, который находится в агрегате под давлением 0,5–0,6 МПа, установлен дроссельный вентиль 14, который позволяет снизить давление всасывания до 0,15–0,20 МПа. Компрессор, в котором установлен датчик температуры, нагнетает хладон при открытом вентиле ВН8 в маслоотделитель и далее, при закрытом вентиле ВН4 – в конденсатор водяного охлаждения, из которого при закрытом вентиле ВН6 хладон поступает в ресивер 3 и затем через фильтр-осушитель 5, где конденсат осушается, – в бачок

для сбора или непосредственно на зарядку холодильного агрегата. При достижении температуры всасываемого хладона у всасывающей трубки компрессора 60–65 °С срабатывает датчик температуры, который управляет работой микропроцессора. Сигналом датчика включается электронагреватель 16, который нагревает всасываемые пары хладона до температуры 45–50 °С, что позволяет снизить интенсивность подогрева всасываемого пара в кожухе компрессора до начала сжатия. При этом температура паров хладона по окончании процесса сжатия не должна превышать допустимых пределов.

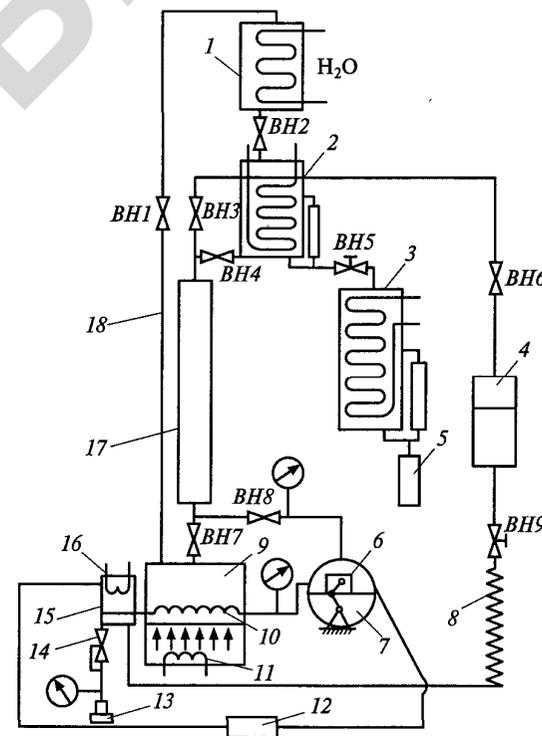


Рис. 5.101. Установка для регенерации хладона:

- 1, 2 – конденсаторы; 3, 4 – ресиверы; 5 – фильтр-осушитель; 6 – датчик температуры;
- 7 – компрессор; 8 – капиллярная трубка; 9 – сборник масла; 10 – трубопровод;
- 11, 16 – электронагреватели; 12 – микропроцессор; 13 – соединительное устройство;
- 14 – вентиль; 15 – бачок; 17 – маслоотделитель; 18 – байпасная линия;
- ВН1–ВН9 – запорные вентили

В целях очистки маслоотделителя от масла часть жидкого хладона из конденсатора 2 при открытом вентиле *BH4* подается в маслоотделитель, откуда при открытом вентиле *BH7* стекает в обогреваемый сборник масла 9 с внутренним трубопроводом и нагревателем, по мере заполнения которого при закрытом вентиле *BH7* включается электронагреватель, и пар хладона по байпасной линии при открытом вентиле *BH1* поступает в конденсатор при закрытом вентиле *BH2*. По мере заполнения конденсатора, давление в котором в процессе работы установки ниже, чем в конденсаторе 2, в условиях выравнивания давления в конденсаторах во время останова установки (в течение ночи) при открытом вентиле *BH2* хладон подается в конденсатор 2, из которого при открытом вентиле *BH6* заполняется ресивер 4.

Подготовку хладагента к повторному использованию перед заправкой в установки можно осуществлять перекачивающим агрегатом (рис. 5.102, *а*). Насос обеспечивает циркуляцию загрязненного хладагента через противокислотный фильтр-осушитель и индикаторное смотровое стекло, позволяющее контролировать отсутствие влаги в хладагенте. Это устройство может удалить только влагу и кислоты. Оно исключает получение чистого хладагента, если в нем имеются примеси другого хладагента или следы масла.

Процесс опорожнения установки за счет удаления всего хладагента в паровой фазе (рис. 5.102, *б*) станцией регенерации контролируют манометром, позволяющим оценить остаточное давление (60 кПа при емкости меньше 0,2 м<sup>3</sup> и 30 кПа – при емкости более 0,2 м<sup>3</sup>) в контуре опорожняемой установки с тем, чтобы принять решение об окончании процедуры опорожнения. Станции регенерации рассчитаны на удаление из контура определенных типов хладагентов и не могут быть использованы для перекачки любого из них. Это обусловлено несовместимостью между собой масел, используемых для каждого из этих хладагентов.

Восстановление хладагента заключается в обработке слитых хладагентов таким образом, чтобы привести их характеристики в соответствие с требованиями стандарта. При этом состав хладагентов подвергается химическому анализу, позволяющему установить, достигнуты ли требуемые характеристики. Это означает наличие таких процедур обработки и последующего химического анализа, которые могут быть произведены либо на специальных установках,

либо на заводах, выпускающих хладагенты. Восстановление отличается от подготовки к повторному использованию еще двумя моментами: во-первых, восстановленный хладагент может быть залит в любую установку и, во-вторых, по экономическим соображениям восстановление производится только для большого количества хладагента.

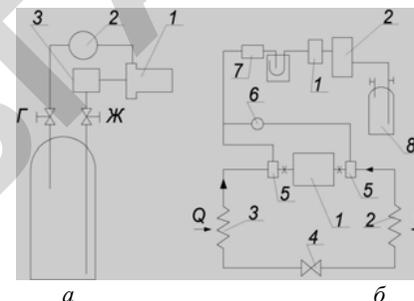


Рис. 5.102. Устройства регенерации хладагента: *а* – перекачивающее устройство: 1 – насос; 2 – смотровое стекло; 3 – противокислотный фильтр-осушитель; *б* – станция регенерации: 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – испаритель; 4 – термовентиль; 5 – вентиль; 6 – манометр; 7 – фильтр; 8 – баллон

Повторное использование или восстановление хладагента невозможно, если он оказался смешан с другими хладагентами вследствие трудности их разделения. Смешанные хладагенты подлежат уничтожению путем их сжигания. Можно также производить расщепление хладагентов в специальных реакторах либо использовать подлежащие уничтожению хладагенты категории ХФУ в некоторых промышленных технологических процессах, таких, например, как дегазация алюминия, выплавляемого из металлолома.

### 5.5.3. Ретрофит

Использование хладагентов НФС требует соблюдения многочисленных предосторожностей и порождает ряд проблем (рис. 5.103). Молекулы озонобезопасных хладагентов имеют гораздо меньшие размеры, чем молекулы традиционных хладагентов, поэтому пайку соединений выполняют припоем с повышенным содержанием серебра, так как такие соединения менее пористые. Причем пайка производится в среде нейтрального газа (азота) во избежание образования окислов.

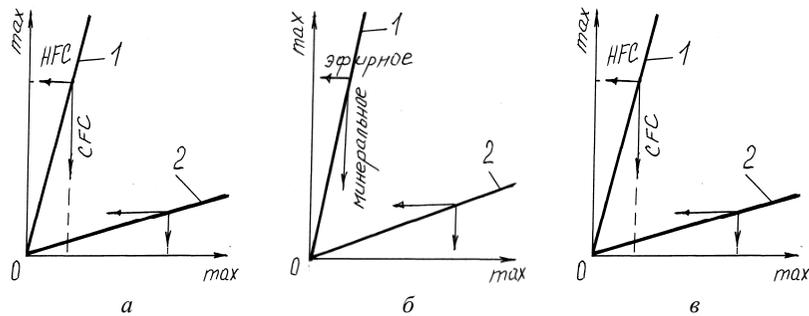


Рис. 5.103. Сравнительная характеристика хладагентов и масел и требований к установкам:  
 а – хладагенты: 1 – перетекание; 2 – парниковый эффект; б – масла:  
 1 – очищающие свойства; 2 – смешиваемость; в – установки:  
 1 – вакуумная плотность; 2 – допустимые потери

Теплообменники (испарители, конденсаторы), а также различные узлы (жидкостные ресиверы, регулирующие вентили, электромагнитные клапаны, маслоотделители), используемые с обычными хладагентами, совместимы с хладагентами HFC. Однако подбирать их нужно с учетом поправочного коэффициента, зависящего от типа хладагента.

Уплотнительные прокладки из ранее применявшихся материалов менее надежны при работе в среде HFC. Подбор трубопроводов под новые хладагенты производят по расчетным номограммам. Замена, например, хладагента R502 хладагентом R404a (смесь трех индивидуальных соединений категории HFC (44 % R125 + 52 % R143a + 4 % R134a)) требует установки терморегулирующего вентиля с внешним уравновешиванием. Требуется установка фильтров-осушителей с мелкой сеткой, более чувствительных смотровых стекол, иногда требуется замена компрессоров.

Оборудование, герметичное при работе на хладагенте CFC, может оказаться «дырявым» для хладагента HFC. Сальники компрессора открытого типа или обмотка герметичного компрессора должны быть совместимы с новым хладагентом. По этой причине компрессоры открытого типа не рекомендуются для работы с хладагентами HFC.

Компрессоры, предназначенные для работы с новыми хладагентами, заправляются специальным маслом, называемым «эфирное масло». Различная природа антиокислительных и противоизносных

добавок смешиваемых эфирных масел делает общую вязкость смеси непрогнозируемой. Эфирное масло является худшим растворителем, но обладает лучшими очищающими свойствами, чем старые масла. Это означает, что мелкие частицы, которые ранее присутствовали в контуре в растворенном виде, теперь не будут растворяться. С другой стороны, различные загрязнения стенок (нагар, окалина) смываются интенсивнее, и масло загрязняется и чернеет быстрее, если поверхность стенок контура не была предварительно доведена до безупречного состояния. Поэтому качество сборочных работ, особенно при монтаже установки, должно быть безупречным, а сами работы должны проводиться с соблюдением всех правил. Инструмент и набор манометров со шлангами должны быть приспособлены к новым хладагентам HFC, которые не допускают присутствия минеральных масел. Используют галоидные течеискатели, так как поиск утечек с помощью галогенной лампы невозможен (хладагенты HFC не содержат хлора). Шланги или гибкие трубки, применяемые для холодильного контура с хладагентами HFC, характеризуются повышенной герметичностью и химической совместимостью. Эфирные масла быстро перестают смешиваться с зетропными хладагентами в присутствии масел другого семейства. Минимально допустимое содержание минерального масла в эфирном не должно превышать 1 %.

После запрещения использования фреона-12 сельское хозяйство ускоренными темпами стало оснащаться молокоохладительными установками с герметичными компрессорами. Такие установки работают на озонобезопасных хладагентах группы HFC (однокомпонентный хладагент R134a, зетропные смеси R404A, R407A, C10M). Использование этих смесей позволяет увеличить холодопроизводительность, снизить температуры сжатия и обмоток встроенного электродвигателя компрессора, улучшить условия циркуляции масла в системе, расширить диапазоны температур кипения и конденсации. В состав зетропных смесей входят (в соответствующей пропорции) три простых хладагента с разной температурой кипения. В процессе кипения и конденсации в зетропных смесях меняется процентный состав компонентов. В результате этого образуется разность температур фазового перехода при постоянном давлении (температурный «глайд»). Наличие температурного «глайда» зетропных смесей требует герметизации соединений при ремонте методом пайки.

Основные проблемы в эксплуатации холодильного оборудования, работающего на зеотропных смесях, вызваны накладкой сложившегося стереотипа обслуживания старых холодильных установок на новые способы. Основных факторов три: нарушение герметичности системы, условий хранения масла и технологии замены компрессора.

Утечку хладагента характеризуют место утечки и скорость. Место утечки определяет фазовое состояние хладагента. Например, утечка хладагента из областей, где он представляет собой гомогенную среду (переохлажденная жидкость или перегретый пар), происходит с постоянной скоростью и не меняет состава смеси, позволяя многократно производить дозаправку. Если утечка происходит из области насыщенных паров (смесь жидкости и газа), то скорость утечки компонентов будет разная, ограничивающая число дозаправок. Так, после четырех циклов 50%-й утечки и дозаправки температура, давление нагнетания и производительность снижаются соответственно на 1, 10 и 9 %. Причем осуществляют дозаправку установок зеотропными смесями только в жидкой фазе. Это требование вызвано тем, что зеотропные смеси имеют значительный температурный гистерезис (температуру скольжения) при изменении агрегатного состояния. Заправка же газом способствует введению в контур самого летучего компонента в ущерб остальным, заметно снижая характеристики установки и не обеспечивая необходимых температур и производительности. При заправке контура хладагентом в жидкой фазе закрывают вентиль на жидкостном ресивере и открывают расходный вентиль заправочной станции. Контроль количества хладагента, залитого в жидкостной ресивер, производят либо с помощью мерного цилиндра, либо с помощью весов, на которые в процессе заправки устанавливают баллон с хладагентом.

При заправке контура непосредственно из баллона с хладагентом наступает момент, когда давление в контуре становится равным давлению в баллоне и перетекание хладагента в контур прекращается. Чтобы продолжить процесс заправки, следует подогреть баллон с хладагентом, поместив его в емкость с теплой водой (температура не более 40 °С). На баллоне стрелкой должно быть указано его положение, в котором из него течет жидкий хладагент. Если стрелка отсутствует, то баллон необходимо перевернуть горловиной вниз.

Проблема масла является основной, поскольку при малейшей ошибке разрушается компрессор. Основные ошибки: недостаточно

качественное вакууммирование (остается влага) и нарушение правил хранения масел. Остаточная влага в смеси с зеотропными хладагентами образует агрессивную фторводородную кислоту, которая разъедает внутренние поверхности холодильной системы. Одним из основных нарушений условий хранения масел является открытие емкостей с эфирным маслом на воздухе выше предельного времени (более 15 мин). Это часто связано с использованием больших емкостей при малой потребности дозаправки масла, например: канистра на 25 л, а системе требуется для дозаправки всего 1 л, или во время сборки установки внутренние полости нового компрессора, заправленного эфирным маслом и обезвоженного, обнажены, что способствует загрязнению масла влагой из окружающего воздуха.

Нарушение технологии замены компрессора обусловлено изменением последовательности проведения необходимых операций. После окончания сборки и проверки герметичности контура необходимо систему откачать, оставляя внутренние полости компрессора изолированными от контура. Для этого необходимо один штуцер отбора давления расположить на вентиле выхода жидкости из ресивера (конденсатора), а другой – на всасывающем трубопроводе (или установить их). Только если установка будет герметична и обезвожена, можно открывать вентили компрессора для окончательного вакуумирования.

#### 5.5.4. Регулирование производительности установок

Холодильная установка должна работать при минимально возможных параметрах конденсации, и не следует допускать снижения параметров кипения. При этом достаточно изменения одного из этих параметров для изменения холодопроизводительности испарителя и работы компрессора (рис. 5.104).

На рис. 5.105 видно, что при повышении параметров конденсации и понижении параметров кипения удельная холодопроизводительность хладагента снижается ( $q_0 > q'_0 > q''_0$ ), а работа сжатия – повышается ( $l < l' < l''$ ). Переохлаждение хладагента увеличивает холодопроизводительность системы. Увеличение переохлаждения дает после дросселирования малое количество пара и позволяет использовать меньшее по производительности ТРВ. При диагностике важно отличать по показаниям контрольно-измерительных

приборов переохлажденную жидкость от насыщенной, а перегретый пар – от влажного или насыщенного пара, так как от этого зависят эффективность и безопасность работы установки. При одном и том же давлении насыщенная жидкость, влажный пар и насыщенный пар имеют одинаковую температуру, переохлажденная жидкость – более низкую, а перегретый пар – более высокую. Таким образом, показания манометров при всех перечисленных состояниях будут одинаковые, а термометров – разные.

Равновесное состояние – постоянная температура охлаждаемого продукта – достигается равенством количества отводимого тепла и теплопритока. Так как на холодильную установку воздействует ряд внешних факторов, она подстраивается под них и возвращается в состояние равновесия, но уже при другой температуре. Баланс системы, состоящей из компрессора 1 и испарителя 3, при постоянной температуре конденсации зависит от температуры кипения  $t_0$  (рис. 5.106). Если теплопритоки уменьшаются, то уменьшается и количество пара, образующегося в испарителе. Однако компрессор сжимает одинаковый объем и, чтобы уменьшившаяся масса пара заполнила весь объем, понижается давление и, следовательно, температура кипения.

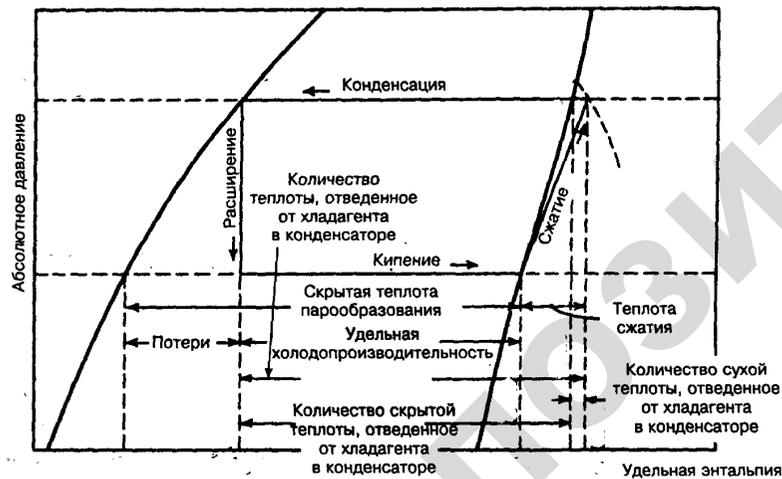


Рис.104. Диаграмма «энтальпия–давление» цикла холодильной установки

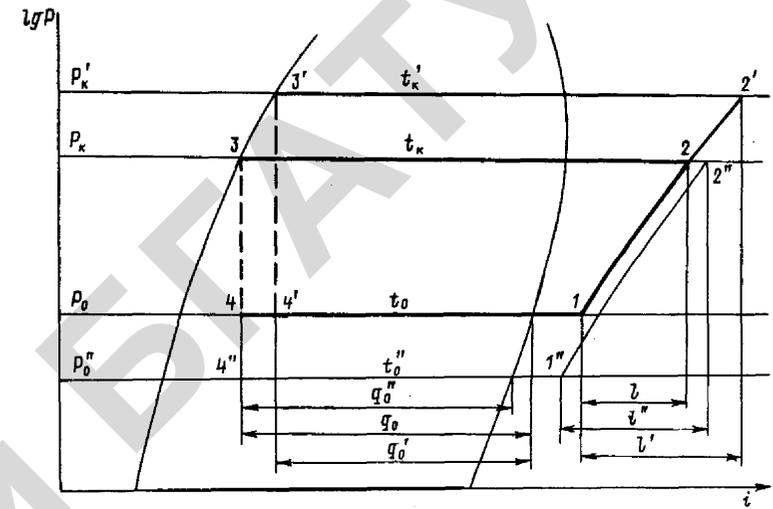


Рис. 5.105. Диаграммы влияния давлений конденсации и кипения на производительность установки

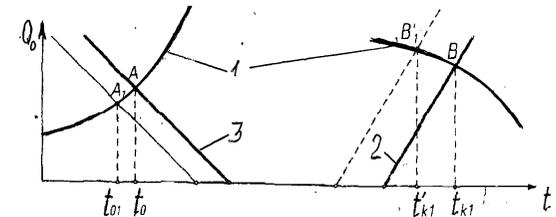


Рис. 5.106. Схема установления параметров работы установки: 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – испаритель

Соответственно, температура конденсации тоже выравнивается самостоятельно, в зависимости от температуры теплоотводящей среды и степени загрязненности конденсатора. При постоянной температуре кипения  $t_0$  и определенной температуре окружающей среды тепловая нагрузка на конденсатор зависит только от температуры конденсации. При уменьшении угла наклона уменьшается мощность конденсатора и увеличивается температура конденсации. Если температура окружающей среды изменяется, то рабочая точка конденсатора  $B$  изменяется на  $B'$ . При этом растет мощность конденсатора и снижается температура конденсации.

Регулировка количества подаваемого холодильного агента из испарителя в компрессор и из компрессора в конденсатор поддерживает нужный температурный диапазон цикла (рис. 5.107). Малое проходное сечение регулирующего вентиля снижает наклон графика характеристики испарителя и обеспечивает поступление в компрессор перегретого пара. Большое сечение повышает температуру кипения и производительность компрессора. Повышение температуры конденсации (из-за повышения температуры окружающей среды или поломки вентилятора) прикрывает регулирующий вентиль, повышая температуру кипения.

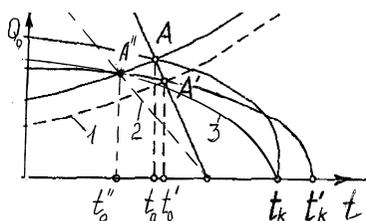


Рис. 5.107. Диаграмма работы элементов контура:  
1 – компрессор; 2 – испаритель; 3 – терморегулирующий вентиль

Регулирование производительности компрессоров отключением части цилиндров используется для многоцилиндровых компрессоров, имеющих специальные устройства, позволяющие включать в работу или выключать отдельные цилиндры отжимом пластин всасывающих клапанов и фиксации их в открытом положении (рис. 5.108). При этом пар из отключенного цилиндра возвращается во всасывающую полость через отжатый всасывающий клапан.

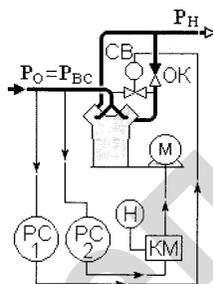


Рис. 5.108. Функциональная схема способа отключения части цилиндров

Отжим клапанов осуществляется либо воздействием магнитного поля на пластины (электромагнитный отжим), либо посредством специальных толкателей с электрическим или гидравлическим приводом. В качестве управляющих устройств используются два реле низкого давления, контролирующие давление всасывания (рис. 5.109). После включения компрессора давление на стороне всасывания начнет понижаться. Если равновесие системы в результате самовыравнивания между теплопритоками и производительностью компрессора будет достигнуто до понижения давления, отмеченного на графике пунктирной линией 2, то компрессор будет работать непрерывно. Если равновесие до пунктира 2 не наступит, то контакт *1РД* переключится, получит питание катушка *СВ* и электромагнитный вентиль откроется. Компрессор перейдет на 50%-ю производительность. В дальнейшем, если давление будет повышаться и достигнет значения, отмеченного пунктиром 1, контакты *1РД* закроют вентиль *СВ*. Компрессор будет работать циклично, позиционно меняя свою производительность от 100%-й до 50%-й. Если после открытия *СВ* давление начнет понижаться и равновесие наступит до значения давления, отмеченного линией 4, то компрессор будет работать непрерывно с 50%-й производительностью. Если равновесие не будет достигнуто, то при давлении, отмеченном на графике пунктирной линией 4, произойдет переключение контактов *2РД* и остановка компрессора. Последующее повышение давления кипения до значения пунктира 3 включит компрессор с открытым *СВ* на 50%-ю производительность, и он будет работать циклично, позиционно меняя свою производительность от 0 до 50%. Установленный в схеме обратный клапан препятствует перетеканию хладагента со стороны нагнетания на сторону всасывания через неработающие цилиндры. Недостатком данного способа регулирования является неравномерность нагрузки на коленчатый вал со стороны работающих и не работающих цилиндров и связанную с этим неуравновешенность работы компрессора. Потребляемая компрессором энергия прежняя из-за бесполезного расхода энергии на преодоление сопротивления во всасывающих и нагнетательных клапанах неработающих цилиндров. Длительная работа при отключенных цилиндрах может вызвать недопустимый нагрев компрессора.

Дроссельное регулирование производительности компрессора предусматривает искусственное понижение давления всасывания



на линию всасывания, что вызывает снижение расхода хладагента через прибор охлаждения.

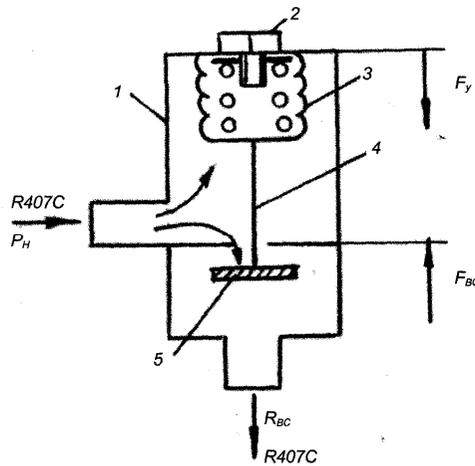


Рис. 5.113. Регулятор производительности компрессора:  
1 – корпус; 2 – винт; 3 – сильфон; 4 – шток; 5 – седло клапана

Байпасирование (рис. 5.114), предотвращая падение давления на линии всасывания перепуском хладагента, используют в тех случаях, когда другие способы по тем или иным причинам не могут применяться.

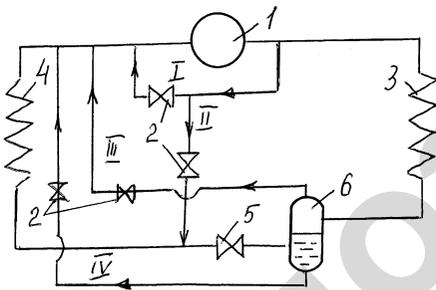


Рис. 5.114. Схемы байпасирования:  
I – перепуск сжатого пара; II – перепуск паров хладагента на вход испарителя;  
III – отвод паров хладагента из ресивера; IV – впрыск жидкого хладагента;  
1 – компрессор; 2 – регулятор; 3 – конденсатор; 4 – испаритель; 5 – терморегулирующий вентиль; 6 – ресивер

Перепуск пара со стороны нагнетания на сторону всасывания предусматривает изменение состояния  $v_1$  всасываемого компрессором пара. Полость нагнетания компрессора соединяется с полостью всасывания через барорегулирующий вентиль (БРВ) «после себя». Сила упругости пружины настраивается на величину, соответствующую рабочему давлению всасывания (кипения). При понижении давления всасывания (кипения) ниже заданного пружинной давления, мембрана прогибается вниз, перемещая шток с клапаном, и БРВ открывается. Чем больше понижается давление кипения, тем на больший проход открывается БРВ. Перепуск хладагента с нагнетательной линии на вход испарителя обеспечивает постоянство перегрева паров хладагента, выходящих из испарителя, и позволяет охлаждать электродвигатель компрессора. Расход хладагента, проходящего через испаритель и компрессор, остается постоянным независимо от положения, в котором находится регулятор давления. В конденсаторе и жидкостной магистрали расход хладагента переменный. При уменьшении теплопритоков первоначально уменьшаются температура и давление кипения (рис. 5.115) от  $P_0, t_0$  до  $P'_0, t'_0$ . Давление на мембрану барорегулирующего вентиля от силы пружины становится больше давления всасывания ( $P_{пр} > P_{вс}$ ). Пропорционально этому неравенству происходит открытие барорегулирующего вентиля. Хладагент со стороны нагнетания через барорегулирующий вентиль дросселируется (процесс  $2 \rightarrow 2''$ ) на сторону всасывания. Здесь происходит процесс смешения потоков хладагента состояния точек I'' и 2''. Результатом смешения является точка I''', которая характеризует новое состояние пара на всасывании перед компрессором. Увеличение удельного объема всасываемого пара от  $v_1$  до  $v'''_1$  приводит к уменьшению холодопроизводительности компрессора. Увеличение степени сжатия приводит к уменьшению коэффициента подачи, что также способствует снижению производительности компрессора. Все это сопровождается уменьшением производительности испарителя и уменьшением количества хладагента, поступающего в него через регулирующий вентиль. В итоге это приводит к обратному повышению давления (температуры) кипения. Повышение давления кипения автоматически приводит к новому равновесию, при котором производительность компрессора будет определяться состоянием пара с удельным объемом –  $v'_1 > v_1$ . Данный способ регулирования сопровождается повышением температуры нагнетания

до  $t'_H$ , и если это повышение выходит за пределы допустимого, то следует предусмотреть меры для снижения перегрева на нагнетании.

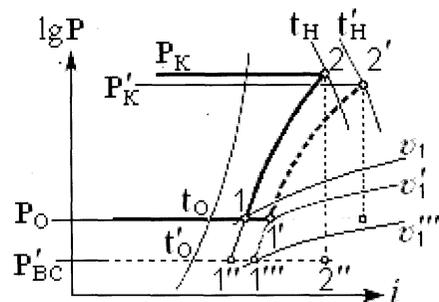


Рис. 5.115. Термодинамика перепуска пара

Пар подают в жидкостной трубопровод перед испарителем. Перепуск горячего пара хладагента при этом не должен превышать 40 % полной холодопроизводительности компрессора. Если количество перепускаемого горячего пара больше 40 % холодопроизводительности компрессора, то в тройнике (в месте подсоединения перепускного трубопровода) возникают турбулентные явления, которые препятствуют прохождению хладагента, поступающего из терморегулирующего вентиля. Падение давления кипения  $P_0$  увеличивает расход перепускаемого пара, что еще больше будет усиливать вихреобразование и еще сильнее препятствовать прохождению жидкого хладагента в испаритель (и так далее, пока не сработает реле низкого давления и не отключит компрессор). Поэтому используют специальный тройник, обеспечивающий равномерную смесь пара и жидкости на входе распределителя.

Холодопроизводительность компрессоров малой и средней производительности изменяют способом «пуск-стоп». Число пусков при этом, как правило, не превышает 4–6 в час. Температура кипения является единственным показателем соответствия производительностей компрессора и испарителя, стремящихся к равновесному состоянию, определяемому теплопритоками  $Q_{OK} = Q_{OH} \rightarrow Q_T$ . При работе компрессора  $t_0$  стремится к  $t_{0,рав}$  (рис. 5.116). Если компрессор выключен, то  $t_0$  стремится к  $t_{об}$ .

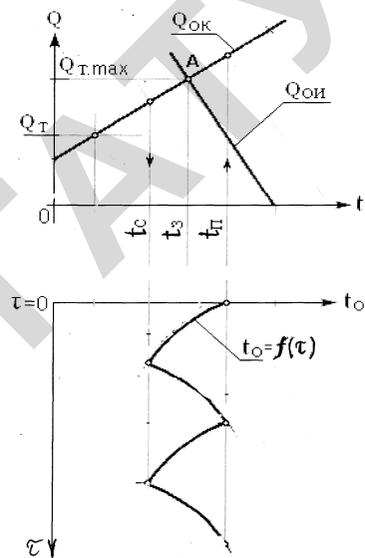


Рис. 5.116. Позиционное регулирование производительности

Статическое шаговое регулирование предусматривает настройку диапазона регулирующего реле (табл. 5.9) 1РД на диапазон, соответствующий температуре  $t_{01}$ ; 2РД – на диапазон, соответствующий  $t_{02}$ ; 3РД – на диапазон, соответствующий  $t_{03}$ . Дифференциал настройки всех реле может быть одинаков:  $D1 = D2 = D3$ , где  $t_{n1}$ ;  $t_{n2}$ ;  $t_{n3}$  – температура кипения, при которой включается в работу компрессор (цифровые индексы соответствуют номеру компрессора и реле давления);  $t_{c1}$ ;  $t_{c2}$ ;  $t_{c3}$  – температура кипения, при которой останавливается компрессор (цифровые индексы соответствуют номеру компрессора и реле давления). Астатическое шаговое регулирование можно осуществить при той же функциональной схеме, осуществив настройку регулирующих реле на одинаковый диапазон давления, соответствующий регламентируемой температуре кипения  $t_0$ , но на разную величину дифференциала:  $D1 < D2 < D3$ . Оптимальное шаговое регулирование, в отличие от статического и астатического, предусматривает настройку каждого реле на значение регулируемого параметра ( $P_0$  или  $t_0$ ), соответствующего точкам пересечения характеристик компрессоров и характеристики испарителя.

Таблица 5.9

Параметры многопозиционного регулирования

Наименование	Параметр		
	Статический	Астатический	Оптимальный
Температура кипения, при которой включается в работу компрессор	$t_{п1} > t_{п2} > t_{п3}$	$t_{п1} < t_{п2} < t_{п3}$	$t_{п1} < t_{п2} < t_{п3}$
Температура кипения, при которой останавливается компрессор	$t_{с1} > t_{с2} > t_{с3}$	$t_{с1} > t_{с2} > t_{с3}$	$t_{с1} < t_{с2} < t_{с3}$
Величина дифференциала	$D_1 > D_2 > D_3$	$D_1 < D_2 < D_3$	$D_1 = D_2 = D_3$

Производительность каждого из компрессоров, соединенных параллельно, регулируется двухпозиционными реле низкого давления способом «пуск-стоп». При этом обеспечиваются четыре позиции регулирования (рис. 5.117): 1 – 100%-я суммарная производительность всех компрессоров; 2 – 67%-я производительность (работают два компрессора); 3 – 33%-я производительность (работает один компрессор); 4 – 0 % производительности (все компрессоры выключены).

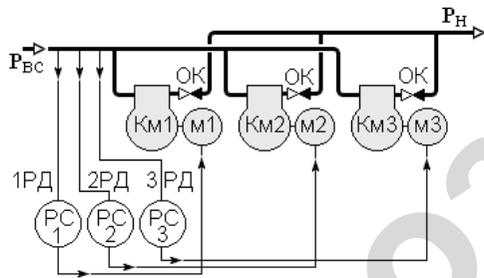


Рис. 5.117. Функциональная схема шагового регулирования производительности трех компрессоров

Малые теплопритоки при статическом шаговом регулировании (рис. 5.118) отводятся при более низкой температуре кипения.

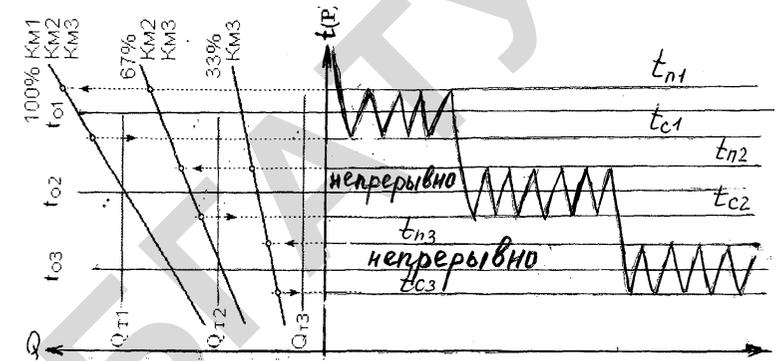


Рис. 5.118. Режимы работы компрессоров при статическом способе регулирования

Данные недостатки исключаются при астатическом шаговом регулировании (рис. 5.119). Однако этот способ регулирования имеет свои недостатки: 1-й компрессор перегружен, включаясь и выключаясь чаще других. Следовательно, он быстрее выработает свой моторесурс. Для обеспечения равномерности наработки необходимо регистрировать суммарное время работы каждого компрессора и периодически производить перенастройку реле давления.

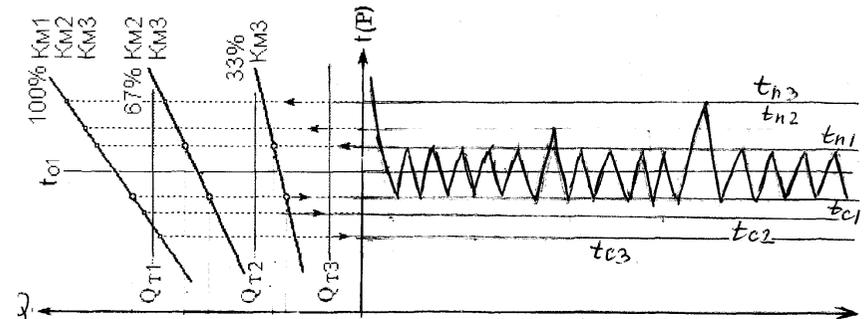


Рис. 5.119. Режимы работы компрессоров при астатическом способе регулирования

Использование оптимального способа (рис. 5.120) для регулирования суммарной производительности компрессоров влечет усложнение электрической схемы и технических устройств, обеспечивающих этот способ.

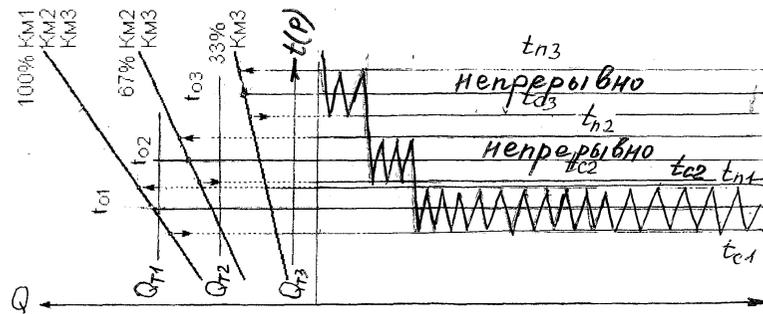


Рис. 5.120. Режимы работы компрессоров при оптимальном способе позиционного регулирования

Поверхность теплообмена испарителей  $F_{и}$  зависит от степени заполнения его хладагентом, поэтому изменять ее можно подачей хладагента в испаритель. Чувствительный элемент регулятора  $TE$  двухпозиционного регулятора температуры  $ТС$  (рис. 5.121) измеряет температуру в камере и сравнивает ее значение с заданным. В случае отклонения температуры в камере от заданного значения на величину дифференциала настройки регулятор выдает сигнал на открытие или закрытие электромагнитного вентиля  $CB$ . Снижение производительности испарителя происходит за счет уменьшения ее теплообменной поверхности ввиду ограниченного заполнения жидким хладагентом. При использовании данного способа регулирования следует учесть, что уменьшение расхода жидкости, проходящей через испаритель, при работающем компрессоре снижает температуру кипения. Этот способ регулирования следует производить совместно с регулированием производительности компрессора.

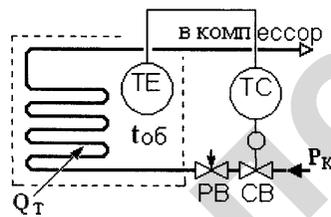


Рис. 5.121. Функциональная схема регулирования поверхности теплообмена испарителя

Показателем качества процесса регулирования является разность температуры кипения и температуры воздуха в камере  $\Delta t$ , которая должна иметь оптимальное значение (рис. 5.122). Большая разница повышает расход энергии на производство холода.

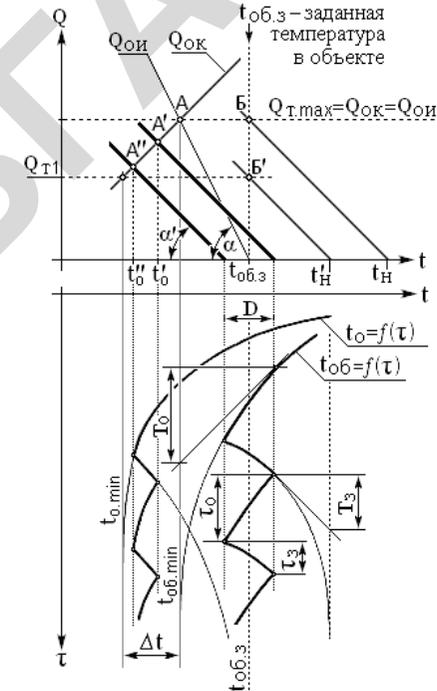


Рис. 5.122. Динамическая схема регулирования поверхности теплообмена испарителя ( $t_{об,з}$  – заданная температура в объекте)

В холодильных системах применяют электронные регулирующие вентили и механические терморегулирующие вентили. Терморегулирующему вентилю (ТРВ) придается особое значение в холодильной установке, так как он способен воздействовать на процесс теплообмена. Задачей ТРВ или расширительного клапана является подача в испаритель определенного объема жидкого хладагента в целях полного его испарения в процессе кипения. После кипения газообразный хладагент нагревается в испарителе, и образующаяся при этом разность температур может служить показателем эффективности использования данного устройства.

Так, при низком коэффициенте использования испарителя увеличивается протяженность зоны нагрева газообразного хладагента, что, естественно, приводит к значительному перегреву. Высокий же коэффициент использования дает обратный эффект – с соответствующим снижением уровня перегрева. Перегрев всасываемого газа выступает в качестве регулятора. Таким образом, правильно выбранный терморегулирующий вентиль, изменяя свое свободное проходное сечение, регулирует расход хладагента в зависимости от конкретного рабочего состояния испарителя. Кривая на рис. 5.123 показывает, что минимально устойчивый сигнал, выполняя функцию регулирующего воздействия для ТРВ, отделяет устойчивую зону перегрева от неустойчивой.

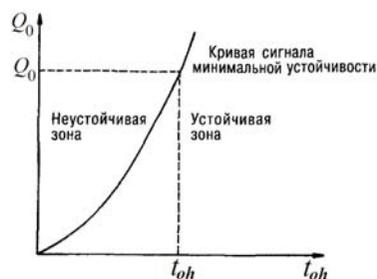


Рис. 5.123. Зоны перегрева

Передаваемая производительность испарителя при снижении перегрева возрастает до достижения минимально устойчивого сигнала. При опускании кривой (рис. 5.124) ниже установленного значения начинается так называемое «бросание» расширительного клапана, следствием чего является увеличение доли неиспарившейся жидкости в инжектируемом газе. Если внести данную характеристику клапана в рис. 5.123, получим следующую картину: клапан 1 работает с перегревом ниже линии минимально устойчивого сигнала, т. е. неустойчиво. При увеличении статичного перегрева (при котором собственно и начинается открытие клапана) ТРВ функционирует вполне устойчиво на небольшом «безопасном расстоянии» от линии минимально устойчивого сигнала. Клапан полностью открыт, когда перегрев возрастает до уровня, необходимого для такого открытия. Вторая возможность может быть реализована клапаном меньшей мощности (клапан 2).

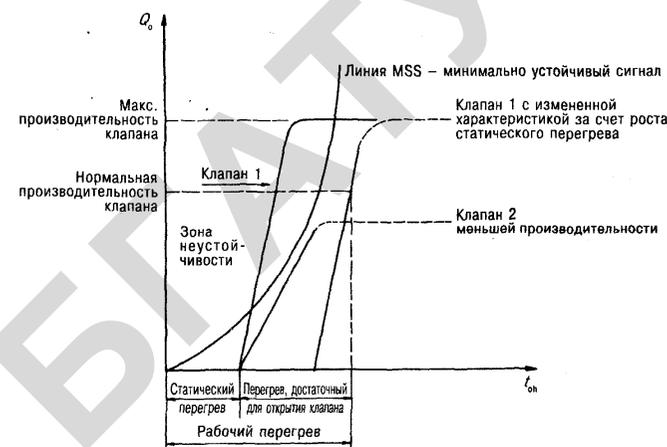


Рис. 5.124. Характеристики работы расширительных клапанов

Механические вентили имеют линейную статическую характеристику перегрева (рис. 5.125). Величина  $\Delta t_{зп}$  характеризует минимальный перегрев (закрытый перегрев), который вызывает начало открытия клапана. При минимальном значении  $\Delta t_{зп}$  величина  $Q_{ТРВ} = 0$ . Величина  $\Delta t_{пн}$  соответствует величине номинального рабочего перегрева, при этом значение  $Q_{ТРВ} = Q_{ТРВн}$ . Разность между  $(\Delta t_{пн} - \Delta t_{зп} = \Delta t_{пер})$  называется изменением перегрева. Производительность при номинальном режиме  $Q_{ТРВн} = 0$ , составляет 0,5–0,9  $Q_{ТРВmax}$ , которая соответствует полному открытию клапана.



Рис. 5.125. Статические характеристики термовентилей

Как только достигается статический перегрев, вентиль начинает открываться и при полном открытии обеспечивает свою номинальную производительность. При этом перегрев повышается на величину перегрева открытого терморегулирующего вентиля. Сумма статического перегрева и перегрева открытого терморегулирующего вентиля составляет рабочий перегрев. Изготовители терморегулирующего вентиля устанавливают величину статического перегрева, как правило, в диапазоне от 3 до 5 К. Ее можно изменить в ту или иную сторону, вращая регулировочный винт и поджимая или отпуская при этом пружину. Данная операция приводит к эквидистантному сдвигу рабочей характеристики терморегулирующего вентиля влево или вправо, в результате чего появляется возможность обеспечить устойчивое регулирование установки, расположив рабочую характеристику терморегулирующего вентиля таким образом, чтобы она пересекла характеристику прибора охлаждения точно в рабочей точке номинальной холодопроизводительности.

При настройке терморегулирующего вентиля устанавливается такой статический перегрев, который при любом допустимом изменении нагрузки на испаритель будет больше минимального стабильного перегрева (рис. 5.126).

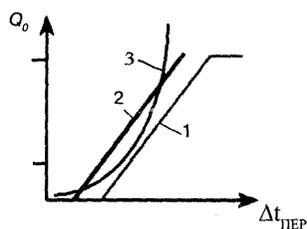


Рис. 5.126. Рабочие характеристики термовентиля:  
1, 2 — статические вентили; 3 — кривая минимального стабильного перегрева испарителя

Если возникает необходимость дополнительной регулировки, то нужно использовать регулировочный винт. При вращении винта вправо (по часовой стрелке) перегрев повышается, при вращении влево (против часовой стрелки) перегрев понижается. Рекомендуется следующий метод регулировки. Для обеспечения стабильности настройки терморегулирующего вентиля во времени необходимо

производить его регулировку при температуре в охлаждаемом объеме, близкой к температуре, при которой отключается компрессор. Не допускается производить настройку терморегулирующего вентиля (регулировку) при высокой температуре в охлаждаемом объеме. Дополнительно на выходе трубопровода из прибора охлаждения помимо манометра 5 устанавливается электронный термометр 3, датчик 6 которого крепится к термобаллону 4 терморегулирующего вентиля, как показано на рис. 5.127. Рекомендуемая регулировка заключается в том, чтобы настроить терморегулирующий вентиль на предельный режим, при котором начинаются пульсации. Для обеспечения этого при постоянной величине перегрева необходимо медленно открывать терморегулирующий вентиль до тех пор, пока не начнутся пульсации. При этом значение показаний манометра и термометра не должны изменяться. При последующем открытии вентиля могут начаться пульсации показаний манометра и термометра. С этого момента нужно начать закрывать терморегулирующий вентиль до тех пор, пока пульсации не прекратятся (примерно на половину оборота регулировочного винта).

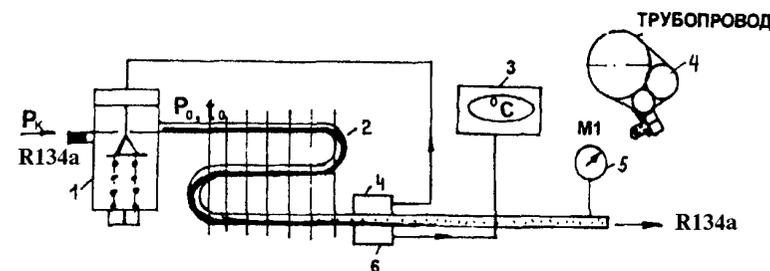


Рис. 5.127. Схема метода регулировки термовентиля:  
1 — вентиль; 2 — испаритель; 3 — электронный термометр;  
4 — термобаллон; 5 — манометр; 6 — датчик термометра

Чтобы избежать переполнения испарителя жидкостью, нужно действовать таким образом, чтобы параметры достигли определенных значений (рис. 5.128). Вращая регулировочный винт вправо (по часовой стрелке), повышать перегрев до прекращения колебаний давления. Затем понемногу вращать винт влево до точки начала колебаний, после этого повернуть винт вправо примерно на один оборот.

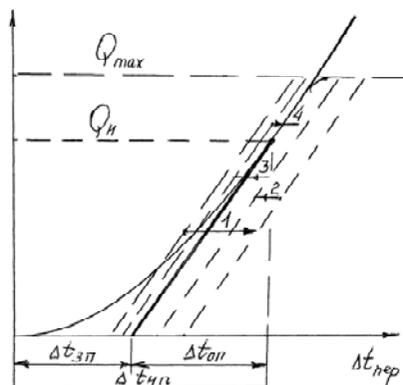


Рис. 5.128. Статистические параметры термовентили при переполненном испарителе

При такой настройке колебания давления отсутствуют, и испаритель работает в номинальном режиме. Изменения перегрева в диапазоне  $\pm 0,5$  К не рассматриваются как колебания (рис. 5.129).

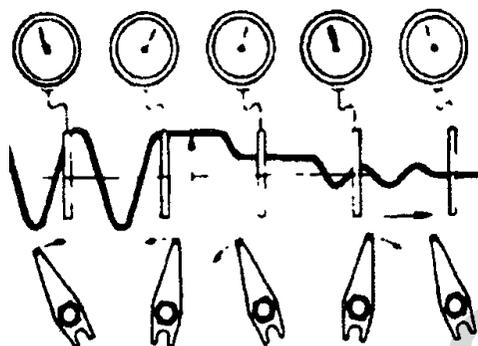


Рис. 5.129. Динамические параметры термовентили при переполненном испарителе

Если в испарителе имеет место чрезмерный перегрев, это может быть следствием его недостаточной подпитки жидкостью (рис. 5.130). Снизить перегрев можно, вращая регулировочный винт влево (против часовой стрелки), постепенно выходя на точку колебаний давления. После этого повернуть винт вправо на один оборот.

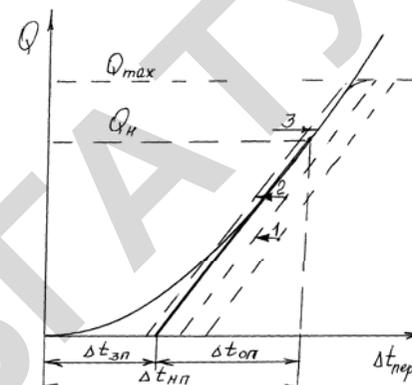


Рис. 5.130. Статистические параметры термовентили при недостаточном заполнении испарителя

При такой настройке колебания давления прекращаются, и испаритель работает в номинальном режиме (рис. 5.131). Изменения перегрева в диапазоне  $\pm 0,5$  К не рассматриваются как колебания.

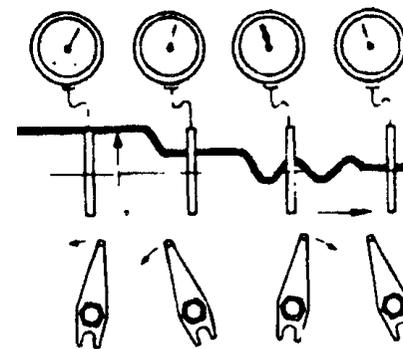
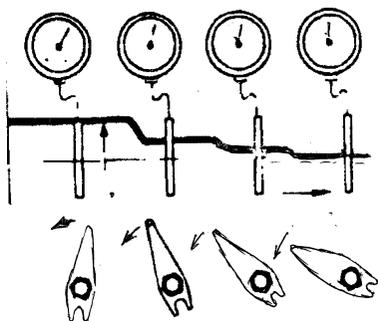


Рис. 5.131. Динамические параметры термовентили при недостаточном заполнении испарителя

При регулировке возможны следующие осложнения. Во-первых, не удастся регулировкой добиться возникновения пульсаций (рис. 5.132).

Это означает (рис. 5.133), что при полностью открытом терморегулирующем вентиле его производительность ниже, чем производительность испарителя. Это связано со следующими причинами:



5.132. Динамические параметры термовентилей при недостаточном заполнении испарителя

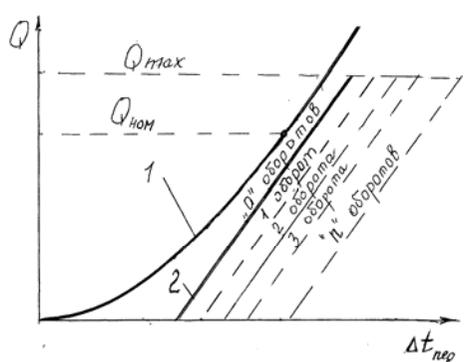


Рис. 5.133. Предельное осложнение регулировки TRV при отсутствии пульсаций

1) проходное сечение терморегулирующего вентиля мало или в установке не хватает хладагента, и на вход терморегулирующего вентиля поступает недостаточное количество жидкого хладагента из конденсатора;

2) не удастся устранить пульсации после их возникновения (рис. 5.134). Регулировка терморегулирующего вентиля невозможна, когда перегрев достигает большого значения (терморегулирующий вентиль практически закрыт). В этом случае давление испарения небольшое. В испарителе образуется меньше паров, чем способен всасывать компрессор, т. е. холодопроизводительность испарителя недостаточная. Это означает, что производительность

терморегулирующего вентиля выше, чем пропускная способность испарителя, и связано с тем, что либо проходное сечение терморегулирующего вентиля слишком большое, либо испарителю не хватает жидкого хладагента.

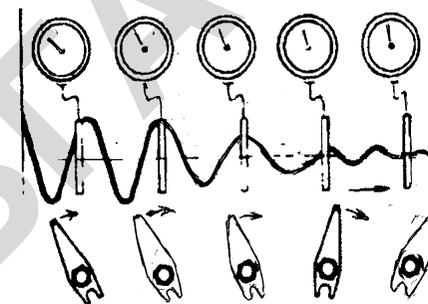


Рис. 5.134. Динамические параметры термовентилей при недостаточном заполнении испарителя

Следовательно, если не удастся найти режим настройки, который устраняет пульсации давления (рис. 5.135), необходимо произвести замену терморегулирующего вентиля или осуществить замену седел с отверстиями (патронов), если конструкция вентиля предусматривает наличие комплекта сменных патронов. Если терморегулирующий вентиль будет отрегулирован на минимальный возможный перегрев, необходимый для нормальной работы данной холодильной установки, заполнение испарителя жидким хладагентом будет номинальным, а пульсации величины перегрева паров хладагента прекратятся.

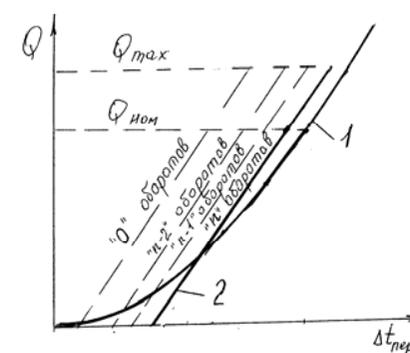


Рис. 5.135. Предельные осложнения регулировки TRV при постоянной пульсации

Винты проворачивают специальным комбинированным ключом (рис. 5.136), позволяющим также подтягивать сальниковые гайки прибора.

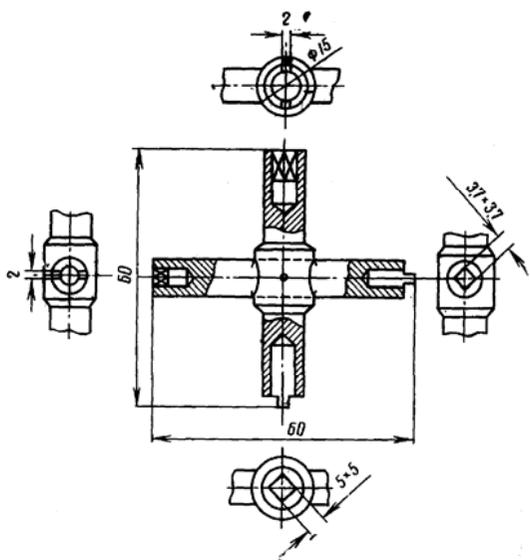


Рис. 5.136. Ключ для обслуживания терморегулирующего вентиля

Монтаж холодильной установки в неотапливаемом помещении в холодное время года вызывает трудности при ее работе, связанные с понижением давления конденсации (хладагент прекращает циркулировать по системе) и температуры картера компрессора (следовательно, масла). При значительном снижении температуры окружающего воздуха снижаются температура и давление конденсации, уменьшается (пропорционально квадратному корню из разности давлений) пропускная способность ТРВ, и в испаритель поступает недостаточное количество хладагента, что приводит к понижению давления всасывания. При пониженных температурах затруднен запуск компрессора. Масло становится вязким, и пуск компрессора происходит «всухую». Кроме того, при низкой температуре растворимость хладона в масле сильно возрастает, поэтому в картере накапливается перенасыщенная масло-фреоновая смесь. При пуске машины происходит вскипание хладагента в картере, и возможен

выход из строя компрессора. Основная проблема возникает при запуске системы: компрессор не может запуститься даже тогда, когда количество хладагента в системе достаточное.

Давление конденсации в таких экстремальных условиях эксплуатации обеспечивают применением двигателей с инверторным управлением (позволяют плавно менять скорость вращения вентилятора, соответственно регулируя расход охлаждающего воздуха и давление конденсации), обогревом картера компрессора, введением неконденсирующегося газа (например, азота) в конденсатор, подтапливанием части теплообменной поверхности конденсатора жидким хладагентом.

Одно из решений этой проблемы – установка реле времени в комбинации с реле низкого давления. Реле времени должно позволить компрессору работать приблизительно 2 мин для увеличения давления в ресивере до значения, необходимого для нормальной работы ТРВ. Другое возможное решение – подогрев ресивера (рис. 5.137). Нагреватель должен быть установлен в электрической цепи параллельно с подогревателем картера, так как он должен включаться в работу тогда, когда компрессор не работает. Для вновь разрабатываемых агрегатов для обогрева может быть использован ТЭН, встраиваемый в картер, а для уже существующих машин можно использовать термобандаж, одеваемый на корпус компрессора.

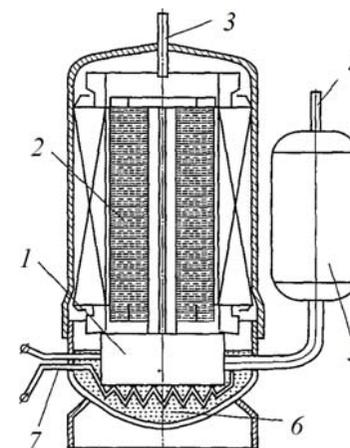


Рис. 5.137. Схема электрического обогрева картера:  
1 – компрессор; 2 – ротор двигателя; 3 – нагнетательная магистраль;  
4 – всасывающая магистраль; 5 – глушитель; 6 – масло; 7 – ТЭН

Регулирование давления конденсации путем заполнения части конденсатора жидким хладагентом осуществляют регуляторами давления. При понижении давления конденсации они удерживают жидкий хладагент в конденсаторе, часть теплообменной поверхности конденсатора при этом не участвует в процессе теплообмена, и давление конденсации увеличивается. При повышении давления конденсации клапан регулятора прямого действия открывается (рис. 5.138). Если же температура окружающего воздуха понижается, то давление конденсации падает. При этом клапан регулятора закрывается, регулируя давление конденсации. Когда регулятор прямого действия закрыт, возникает разность давлений на входе и выходе дифференциального регулятора, установленного на обходной линии конденсатора. При достижении определенной разности давлений дифференциальный регулятор начинает открываться, перепуская горячие пары в жидкостную линию. В результате совместного действия регулятора прямого действия и дифференциального клапана поддерживается постоянное давление в ресивере, необходимое для нормальной работы холодильной системы.

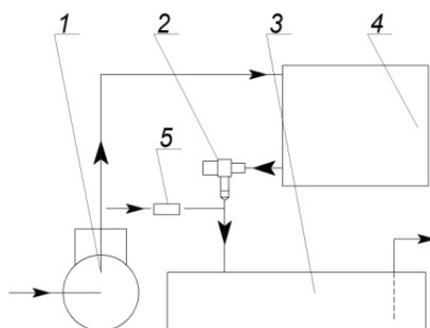


Рис. 5.138. Схема регулирования давления конденсации:  
1 – компрессор; 2 – регулятор прямого действия; 3 – ресивер; 4 – конденсатор;  
5 – дифференциальный регулятор

Комбинированный регулятор (рис. 5.139) с неизменяемой настройкой при низких температурах наружного воздуха, когда давление конденсации понижается до давления настройки, задерживает поток жидкого хладагента в конденсаторе. В результате давление конденсации повышается. В то же время он регулирует поток горячих

паров, идущих в ресивер, минуя конденсатор. Горячие пары, проходя через обходную линию, подогревают холодную жидкость, идущую к ресиверу. Давление на выходе (давление в ресивере) есть контролируемое давление, на которое реагирует регулятор. Сила, действующая сверху на диафрагму и противодействующая силе контролируемого давления, создается давлением находящегося в замкнутом объеме специально подобранного вещества. Эти две силы являются действующими силами регулятора, которые контролируют давление на выходе.

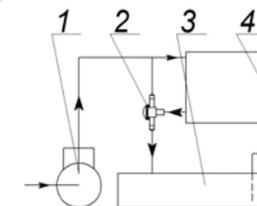


Рис. 5.139. Схема монтажа комбинированного регулятора:  
1 – компрессор; 2 – комбинированный регулятор;  
3 – ресивер; 4 – конденсатор

При низких температурах наружного воздуха давление в ресивере падает до тех пор, пока его значение не приблизится к контрольной точке комбинированного регулятора (заводская настройка). Основное проходное отверстие регулятора прикрывается, ограничивая поток жидкого хладагента из конденсатора, повышая давление конденсации, и комбинированный регулятор выполняет функции регулятора прямого действия. Так как давление в ресивере и давление в конденсаторе должны быть идентичны, то комбинированный регулятор выполняет и функцию дифференциального регулятора, который расположен на обходной линии конденсатора.

## 6. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА

### 6.1. Организация и технология монтажных работ

Для уборки навоза из помещений животноводческих ферм применяют скребковые стационарные транспортеры ТСН-3,0Б, ТСН-160 и др., скреперные установки УС-10, УС-15, УСГ-3 и др., пневмоустановки УПН-15, УПН-10. Погрузка навоза осуществляется с применением навозопогрузчиков НПК-30, шнекоцентробежных насосов НШ-50 и НЖН-200, прессошнековых сепараторов FANPSS и модификаций указанных машин.

Монтаж стационарных транспортеров начинают с выбора подходящей для данного помещения схемы установки транспортера, затем определяют места расположения привода и наклонного транспортера.

Направление движения цепи горизонтального транспортера ТСН-3,0Б должно быть таким, чтобы натяжное устройство находилось на холостой ветви. Поворотные звездочки располагают на расстоянии 500 мм от крайнего стойла. Для обеспечения стока жижи в жижеборники при бетонировании пола канала соблюдают уклон в сторону наклонного транспортера. Фундаменты натяжного и поворотных устройств выполняют так, чтобы центры всех звездочек транспортера располагались на расстоянии 105 мм от внутренней стенки навозного канала. Приводную и натяжную станции, поворотные устройства крепят на фундаментах анкерными болтами. Расстояние от внутренних стенок навозного канала до наружного диаметра звездочек должно составлять 34 мм. Звездочки размещают в одной плоскости, находящейся на расстоянии 55 мм от дна канала. Расстояние между скребками в цепи наклонного транспортера – 500 мм. После сборки наклонный транспортер устанавливают в приемок под углом до 30° к горизонту и бетонируют его нижнюю часть и анкерные болты опоры. Скребки горизонтального транспортера соединены с цепью шарнирно. При сбрасывании навоза на наклонный транспортер они опускаются вниз, отклоняясь на угол до 40°.

Для возвращения скребков в горизонтальное положение изготавливают приспособление из полосовой стали толщиной 3–5 мм или стального прутка диаметром 10–12 мм.

Ширину навозного канала скреперных установок типа УС-250 принимают от 1800 до 3000 мм. По оси канала образуют для цепи канавку шириной 70 и высотой 80 мм. При устройстве канала следят за тем, чтобы отклонение его дна от горизонтальной плоскости на 1 м длины не превышало 1,5 мм. Цепь соединяют с ползунами, надевая ее через поворотные устройства и приводную звездочку. Она считается натянутой, если сходит с приводной звездочки спокойно, без рывков. Для реверсирования привода на цепи приваривают упор, при этом «запас» цепи, необходимый для аварийного отключения привода, должен быть не менее 0,3 м, учитывая расстояние от ползуна до поворотных устройств. На пальцы ползуна надевают скребки и крепят их таким образом, чтобы между металлическими концами скребка и стенкой канала оставался зазор, равный 80–120 мм.

Поршневой насос установки УТН-10 устанавливают в приемке размером в плане не менее 500×500 см и глубиной 230 см по осевой линии навозопровода. Гидроприводную станцию размещают в пристройке на расстоянии не более 6 м. Выходной канал навозопровода в навозохранилище выполняют под углом 45° к его основанию.

Перед монтажом транспортера ТС-1 устраивают навозные каналы: для продольного транспортера – шириной 0,82 м и глубиной 0,8 м; для поперечного соответственно – 0,82 и 1,5 м. Непараллельность боковых стенок канала и их неперпендикулярность к основанию допускаются на величину не более 4 мм, отклонение ширины канала от его номинального размера – не более 5 мм. После монтажа транспортера регулируют реверс, натяжение цепей, смазывают узлы и обкатывают транспортеры в течение 1–2 ч. Натяжение тяговой цепи регулируют винтом натяжного устройства. При нормальном натяжении прогиб предохранительной пружины должен составлять 15–20 мм.

Ковшовый навозопогрузчик типа НПК-30 устанавливают по оси навозосборника, на его дно. Вверху основание шарнирной опоры навозопогрузчика приваривают к железобетонной стопке, нижнюю его часть крепят к тросу лебедки. В верхней части монтируют лоток для обратного стока жижи. Там же крепят выгрузную горловину.

Шнековый насос типа НШ-50 помещают в навозосборнике. На балки навозосборника ставят шнек, крепят болтами, затем монтируют лебедку для подъема шнека насоса, стойку с кронштейном для присоединения сливной трубы. После наполнения навозосборника водой проводят обкатку насоса.

На птицефабриках заправка пометоуборочной ленты клеточных батарей производится в коротких установках (длина ряда до 50 м, в зависимости от ширины ленты) вручную, а в более длинных – с помощью приспособления для заправки ленты с мотором-редуктором. Начинать заправку необходимо со стороны привода пометоуборочной ленты. Ее тянут с нижней стороны рулона через обратный ход ленты к повороту ленты и далее к ее приводу (рис. 6.1). При этом гладкая поверхность ленты должна быть видна снаружи. Пропускают ленту вокруг поворотного катка и тянут до переднего края привода. Отрезают ленту на длину 1,5 м (за пределами ее привода), достаточную для подрезки и сварки.

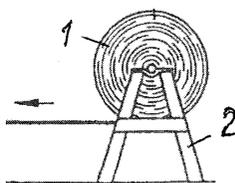


Рис. 6.1. Заправка пометоуборочной ленты:  
1 – лента; 2 – козлы

Для спуска навоза из канала по самотечным трубам к коллектору в канализационно-насосные станции или в цех разделения на свинокомплексах необходимо использовать трубы диаметром от 250 до 350 мм. Трубы с меньшим диаметром заиливаются, что приводит к неполному удалению навоза из канала. Самотечные трубы необходимо прокладывать с уклоном 2–5 % (рис. 6.2). При большем уклоне твердая составляющая навоза будет удаляться медленнее жидкой и засорит трубу. При меньшем уклоне не обеспечивается незаиливающая скорость течения в трубе, и расслаивающийся в процессе слива навоз также будет засорять трубу. Если свинокомплекс располагается на местности с уклоном, то коллектор следует выполнять со ступеньками по 45°. Ошибкой же в данном случае

является прокладка коллектора по рельефу с уклоном более 5 %. Это приведет к тому, что система навозоудаления просто не будет работать. При прокладке самотечной трубы допускаются повороты не более 30–45°. Самосплавная труба, выходящая из свинокомплекса, должна подводиться к приемному резервуару выше максимального уровня заполнения данного резервуара. Если подводящая труба расположена ниже максимального уровня заполнения резервуара, то транспортируемый в резервуар навоз будет задерживаться в трубе коллектора, расслаиваться и оседать в ней. А так как труба засорена, навоз не будет удаляться из канала.

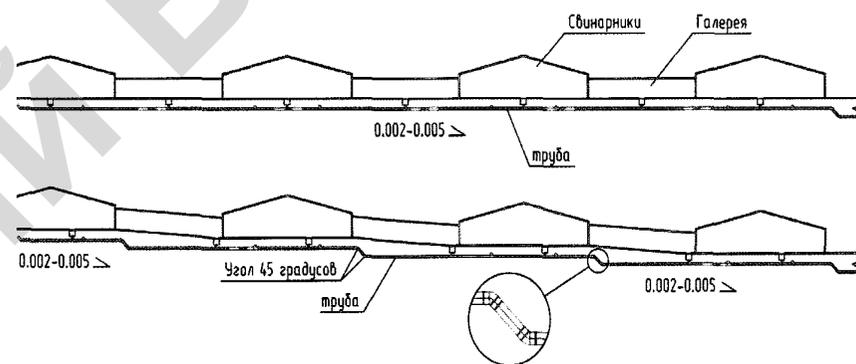


Рис. 6.2. Схема монтажа трубопроводов

При первом запуске каналов и после каждого сброса навоза из каналов их заполняют на 10–15 см водой. Падающий на дно навоз будет полностью покрываться водой. Образовавшаяся через некоторое время на поверхности корка из твердых составляющих навоза препятствует выделению газов. Последующие порции навоза, падая в канал, свободно проникают через эту плавающую корку.

Если уровень воды в канале ниже нормы (< 10 см), то навоз не будет покрыт водой, и верхний слой его будет сохнуть, создавая проблемы: во-первых, канал не опорожняется или опорожняется лишь частично, и это приводит к увеличенному расходу воды и дополнительным затратам на очистку каналов; во-вторых, наблюдается повышенный уровень выделения газов (сероводород, аммиак, оксид углерода, диоксид азота, метан), что негативно сказывается не только

на качестве воздуха в свиарнике, но и на здоровье животных, следовательно, и на привесах.

Продувочные баки пневматических установок для удаления навоза перед монтажом испытывают на прочность под давлением, превышающим максимальное рабочее. Для этого бак заполняют водой и спрессовывают с помощью присоединенного к нему гидравлического пресса, доводят давление до заданной величины, выдерживают в таком состоянии не менее 5 мин. При гидравлическом испытании на стенках и соединениях котла не должно быть течи или капель воды. Обнаруженные дефектные места обводят мелом, затем давление постепенно снижают до нуля, выпускают из котла воду и устраняют дефекты. После этого проводят повторное испытание. Если оно дало удовлетворительные результаты, из патрубков бака удаляют временные заглушки и приступают к его монтажу. Для проведения гидравлических испытаний на прочность и плотность баков с рабочим давлением до 2,4 МПа, а также для промывки трубопроводов диаметром до 80 мм при длине до 1000 м применяется гидравлическая установка (рис. 6.3), смонтированная на передвижной тележке.

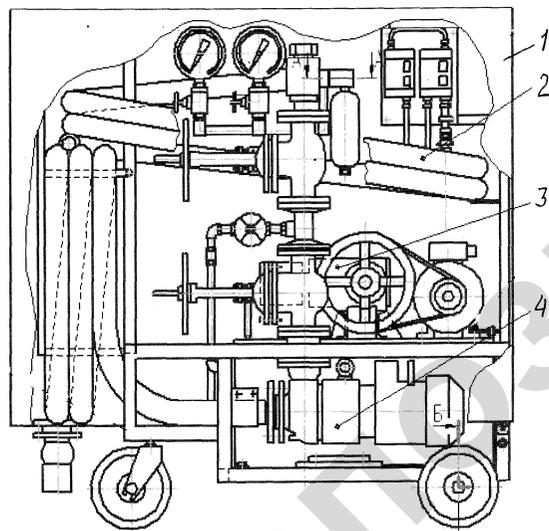


Рис. 6.3. Установка гидравлическая:  
1 – кожух; 2 – гидропресс; 3 – бак гидропресса; 4 – насос

Приемный клапан 1 всасывающего рукава 2 (рис. 6.4) погружают в емкость с водой или естественный водоем. Напорный рукав 7 подключают к испытываемому объекту (промываемому трубопроводу или наполняемой емкости). Включают центробежный насос, открывают задвижки 8 и 4 и заполняют бак гидропресса 10 водой по рукаву 9.

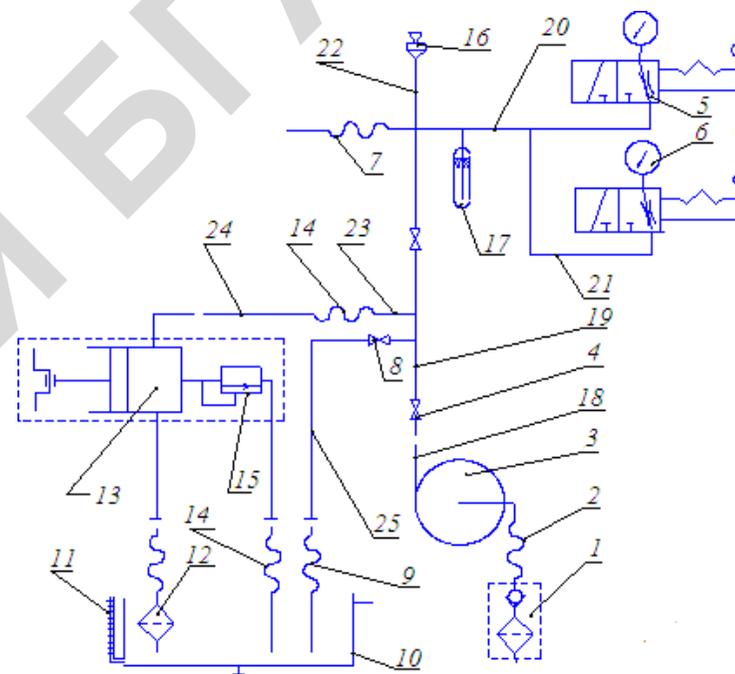


Рис. 6.4. Схема гидравлической установки:  
1 – клапан; 2 – рукав всасывающий; 3 – насос; 4, 8 – задвижки; 6 – манометр; 7 – рукав напорный; 9 – рукав; 10 – бак; 11 – водоуказатель; 12 – фильтр; 13 – гидропресс; 14 – шланг; 15 – клапан; 16 – пробка; 17 – демпфер; 18–26 – линии связи

Объект считается выдержавшим гидравлическое испытание на прочность и герметичность, если во время испытаний не произошло падения давления по манометру и не обнаружены течи и запотевания в сварных швах, фланцевых соединениях, на корпусах и сальниках арматуры, на поверхности испытываемого объекта, а также признаки разрывов и видимых остаточных деформаций.

## 6.2. Диагностика и техническое обслуживание оборудования для удаления навоза

Диагностирование – это процесс обнаружения и поиска дефектов и неисправностей, допущенных при монтаже и эксплуатации в целях определения технического состояния оборудования навозоудаления. Оно осуществляется на основании анализа параметров технического состояния оборудования. Срок службы навозоуборочных транспортеров определяется в основном долговечностью деталей тяговых органов (цепей, тросов, лент, звездочек), что вызвано условиями их работы. В большинстве случаев транспортеры, применяемые на фермах и комплексах, имеют большие габаритные размеры и не транспортабельны. Поэтому большинство их узлов ремонтируют по месту эксплуатации, используя агрегатный метод.

Детали тяговых органов периодически соприкасаются с транспортируемыми материалами – коррозионной средой с включениями абразива – и испытывают большие нагрузки, вызывающие напряжения в деталях. Например, в пластинчатых скребковых транспортерах удельное давление в шарнирах цепей достигает 220 МПа. Такие условия в сочетании с малыми скоростями скольжения (не выше 0,1 м/с) неблагоприятны для работы сопряжений цепи и приводят к быстрому их износу. Цепь горизонтального транспортера должна быть натянута до нормы. Плохо натянутая цепь соскакивает со звездочек, что приводит к поломкам транспортера. Натяжение цепи транспортера ТСН-3,0Б проверяют (рис. 6.5) на свободной ветви на расстоянии 4–6 м от натяжного устройства, предварительно очистив на этом участке канал от навоза.

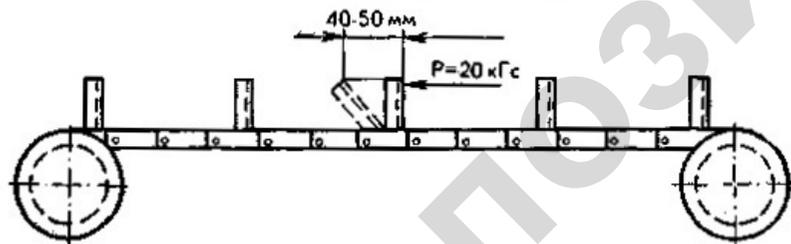


Рис. 6.5. Схема проверки натяжения тяговой цепи транспортера ТСН-3,0Б

Правильно натянутая горизонтальная цепь при нажатии на конец скребка в горизонтальном направлении с усилием 200 Н отходит от своей оси не более чем на 40–50 мм.

Натяжение горизонтального транспортера регулируют натяжным устройством (рис. 6.6). Рукояткой (ключом) поворачивают натяжной винт, перемещая натяжную звездочку вдоль винта. Если звездочка займет крайнее положение и дальнейшее натяжение цепи будет невозможно, то цепь укорачивают, установив для этого у натяжной станции на участке цепи между двумя скребками приспособление. Затем цепь натягивают вторично. Натяжение цепи наклонного транспортера ТСН-3,0Б регулируют натяжным винтом, находящимся в середине верхней части наклонной стрелы. Через определенное время работы транспортера (особенно в период обкатки) тяговая цепь иногда настолько удлиняется, что натянуть ее натяжным устройством оказывается невозможным. При этом движение транспортера сопровождается шумом и ударами. При чрезмерном удлинении цепи ее необходимо укоротить на два звена.

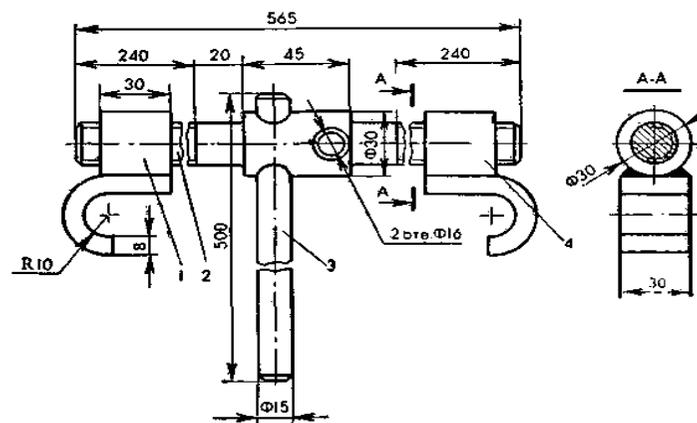


Рис. 6.6. Механическое приспособление для натяжения тяговых цепей: 1, 4 – гайки с зацепом; 2 – винт; 3 – вороток

Для облегчения работы при разъединении и соединении цепи транспортера рекомендуется применять специальное приспособление (рис. 6.6), состоящее из винта 2 с правой и левой резьбой и двух зацепов. Приспособление позволяет ослабить одновременно четыре звена цепи, находящиеся между зацепами. После остановки транспортера

выбирают место в цепи у натяжной станции и ставят приспособление в замкнутый контур на участке между двумя скребками. Затем удаляют из цепи два звена. При необходимости тяговую цепь укорачивают путем вырезки трех звеньев с последующим соединением концов цепи посредством соединительного звена, у которого вырезан участок с одной стороны. После соединения цепи вставку (вырезанный участок звена) ставят в прорезь соединительного звена и приваривают электродуговой сваркой.

Применение гидравлического прибора (рис. 6.7) сокращает время проверки и регулировки натяжения цепей, позволяет поддерживать величину натяжения в допустимых пределах. Участок цепи из 3–8 звеньев захватывают концами свободных рычагов, затем ручным насосом нагнетают в полость гидроцилиндра масло, под действием которого шток втягивается в цилиндр и ослабляет захваченный рычагами участок цепи. В момент этого ослабления, когда усилие натяжения цепи воспринимается прибором, по манометру фиксируют давление в левой полости гидроцилиндра, которое после его перевода в единицы силы характеризует действительное натяжение проверяемой цепи.

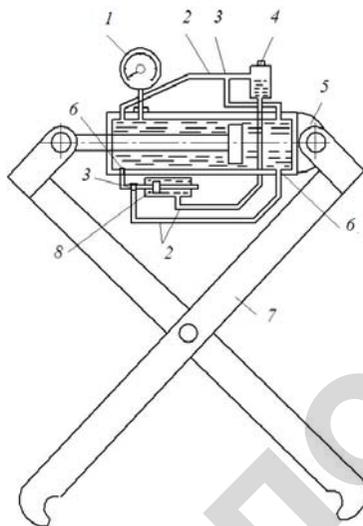


Рис. 6.7. Гидравлическое приспособление для натяжения тяговых цепей:  
1 – манометр; 2 – маслопроводы; 3 – вентили; 4 – бачок масляный;  
5 – гидроцилиндр; 6 – клапаны; 7 – рычаг; 8 – насос ручной

После нахождения действительного натяжения цепи определяют по графику величину, на которую надо натянуть цепь. Схема смазки приведена на рис. 6.8.

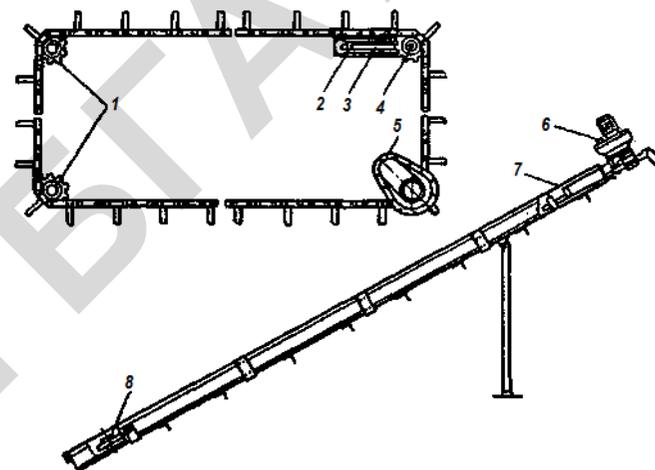


Рис. 6.8. Схема смазки транспортера ТСН-3,0Б:  
1, 2, 4, 8 – подшипники; 3, 7 – винты; 5, 6 – редукторы

Во время пробного пуска при монтаже новых пометоуборочных лент клеточных батарей нельзя прижимать скребки к ленте. При несоблюдении этого условия создается тормозящее воздействие скребков на ленту. Протягивание пометоуборочной ленты и ее сварку следует производить при отпущенном прижимном катке, предварительно натянув ленту лишь до такой степени, чтобы она при пробном запуске не проскальзывала. Если при загруженных клетках лента проскальзывает, то необходимо увеличить силу прижимания, чтобы достичь равномерной работы ленты. Точная настройка пометоуборочных лент с прижатыми скребками производится при первой очистке помета при рабочей температуре между 15 и 25 °С. При температурах за пределами этого диапазона возможны корректировки на натяжном шпинделе поворота ленты. При сильном понижении температуры лента сжимается, поэтому ее ослабляют. Натягивают ленту на поворотной установке с помощью шпинделей с резьбой, находящихся с обеих сторон. Поворотный

каток должен быть равномерно натянут или ослаблен с двух сторон, иначе лента будет уходить. Натяжение ленты должно быть таким, чтобы при запуске она провисала на 5 см в области концов боковых направляющих.

### 6.3. Ремонт оборудования для удаления навоза

В процессе работы транспортера в холодное время года его скребки примерзают к днищу. Включение транспортера в таком состоянии вызывает обрыв скребков или перегорание электродвигателя транспортера. Для предотвращения таких последствий применяют специальное защитное устройство от примерзания, в основу работы которого положен принцип, не позволяющий находиться транспортеру в состоянии покоя такое количество времени, которое необходимо для примерзания скребков и цепи к корыту. Устройство для защиты от примерзания скребков наклонного транспортера представляет собой электрический прибор, устанавливаемый как приставка к шкафу управления транспортера. На качество работы транспортера и состояние животных прибор не оказывает влияния, так как во время очистки (работы горизонтального транспортера) навозных каналов помещения от навоза приспособление отключается. Назначение прибора состоит в кратковременном включении привода наклонного транспортера через установленный промежуток времени. Импульс на включение электродвигателя дает температурный датчик со встроенным в него тепловым элементом (рис. 6.9). В холодное время года переключатель ставится в положение «Авт.». Контакт датчика ДТКБ-49 замыкается. Через замкнутый контакт реле *P* включается магнитный пускатель типа *ИПМ*. Реле *P* с временной задержкой срабатывает и отключает магнитный пускатель *ИПМ*. Двигатель отключается. Одновременно подается питание на нагреватель *R<sub>3</sub>*. При достижении внутри датчика температуры уставки контакт датчика размыкается. Нагреватель отключается, и температура внутри датчика понижается. При температуре уставки контакт датчика вновь замыкается, и цикл работы повторяется. При уборке навоза выключатель «В» переводится в положение «Руч.». При нажатии на кнопку *1КУ* срабатывает магнитный пускатель, и двигатель включается для уборки навоза. По окончании уборки выключатель снова переводится в автоматический режим. Указанное устройство

позволяет исключить лишние производственные операции и сокращает тем самым затраты труда на 10–12 %.

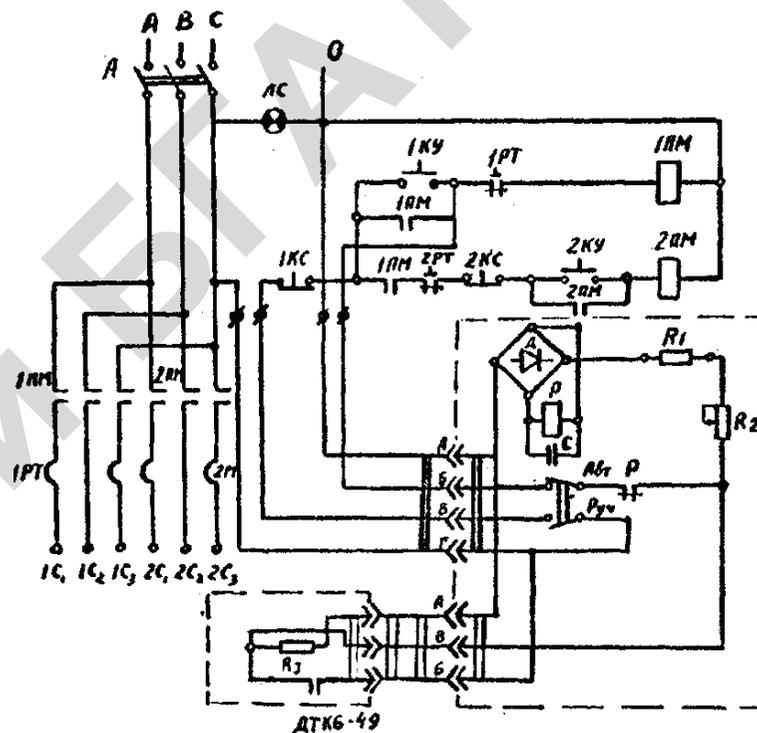


Рис. 6.9. Электрическая схема защитного устройства наклонного транспортера

Существующая система заливки бетоном анкерных болтов крепления направляющих поворотной звездочки транспортера ТСН-160 и ролика транспортера после обрыва одного из болтов требует демонтажа всего узла. Предложено монтировать в бетонном фундаменте 2 (рис. 6.10) трубу 3 диаметром 300 мм и длиной 1000 мм. К ней рекомендуется приварить анкерные болты 4, а в нижней части – закладные детали 5. Далее следует установить опорную плиту 1. В случае обрыва одного болта необходимо срезать остальные и параллельно старым приварить к трубе новые болты. Это дает возможность без замены бетона восстановить работоспособность транспортера, улучшить качество технического обслуживания.

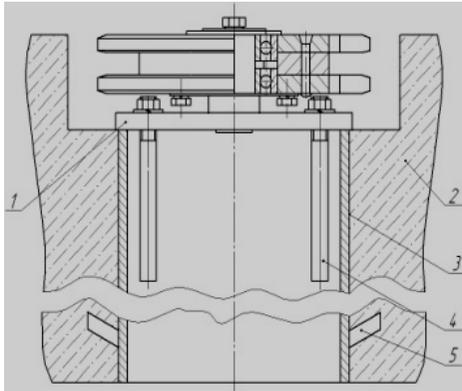


Рис. 6.10. Схема крепления поворотного блока транспортера:  
1 – плита; 2 – фундамент; 3 – труба; 4 – анкерные болты;  
5 – закладные детали

Узлы пластинчатых навозоуборочных транспортеров ремонтируют на специализированных участках мастерских или станций технического обслуживания. Очистку участков цепи проводят в галтовочных барабанах. Их рабочий орган (бункер круглого или шестигранного сечения) приводится во вращение электродвигателем с помощью редуктора червячного типа. С целью ускорения процесса и улучшения качества очистки в бункер рекомендуется засыпать до 10 кг металлической стружки, а при очистке влажных участков цепи – подсушивать их непосредственно в бункере с помощью специальной горелки. Трудноразъемные соединения участков цепи разбирают с применением газовой резки. Дефектуют детали на специальном рабочем месте, расположенном рядом с разборочно-мочным оборудованием.

При ремонте скребковых транспортеров восстанавливают шаг цепи. Из всех способов ремонта цепей наиболее экономичен и технологически выгоден тот, при котором планки реставрируют обжатием в нагретом состоянии, а изношенные соединительные оси заменяют новыми. Преимущество такого способа ремонта состоит в том, что восстановление основных размеров планок за счет пластического деформирования и перераспределения металла достигается за одну технологическую операцию. Кроме того, в этом случае размеры и форма отверстий планок, а также межцентровое расстояние между

ними восстанавливаются до номинальных размеров, что обеспечивает взаимозаменяемость восстановленных и новых планок.

Для обжима планок применяют специальный стенд (рис. 6.11). Основная отличительная особенность стенда состоит в том, что восстановление планок на нем достигается обжатием их концов, нагретых токами высокой частоты (ТВЧ) до температуры 850–900 °С как с торцов, так и за счет бокового обжима в штампе открытой формы.

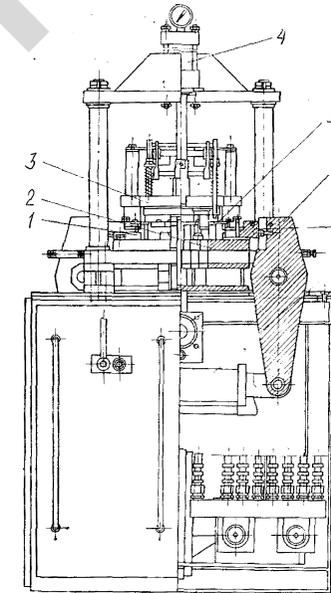


Рис. 6.11. Схема стенда для восстановления планок цепи:  
1 – направляющая; 2 – матрица; 3 – штамп; 4 – гидроцилиндр бокового обжима;  
5 – пуассон; 6 – механизм торцового обжима; 7 – каретка

Для восстановления формы и размеров отверстий в планках, а также межцентрового расстояния между ними используют специальный штамп с механизмом удаления восстановленных деталей (рис. 6.12). Нагретую в специальном индукторе высокочастотной установки планку укладывают на фиксаторы 3, которые жестко закреплены в матрице. При движении штока верхнего цилиндра вниз калибровочные пуансоны 4 и 5 входят в отверстия планки и матрицы. Одновременно с этим осуществляется прижим планки к матрице

и перегиб монтажного упора планки пуансоном 5. В дальнейшем проводится боковое и торцовое обжатие планки. За счет перераспределения металла обеспечивается восстановление изношенных отверстий планок до номинальных размеров. Восстановленные планки упрочняют. Наиболее распространенный способ упрочнения – термическая обработка (закалка в воде с последующим отпуском). При использовании для закалки токов высокой частоты планки помещают в специальный индуктор высокочастотной установки, в котором нагревается только рабочая зона детали (на длине до 25 мм от торцов планки), что исключает коробление поверхностей и образование трещин. Закаленные планки цепей подвергают отпуску. Температура отпуска выбрана ( $390 \pm 10$ ) °С с учетом получения высоких механических свойств планок, отвечающих условиям их работы. Отпуск планок рекомендуется проводить в стандартных печах конвейерного типа (типа СКЗ-04.30.01/7).

При ремонте скоб и скребков цепи правят детали, заваривают изношенные и сверлят новые отверстия крепления, приваривают дополнительные детали (накладки) на изношенные поверхности. Для этих целей рекомендуется применять приспособления, повышающие качество ремонта и производительность труда рабочих. Изогнутые и скрученные скребки правят на прессе без нагрева. Для правки применяют специальный штамп.

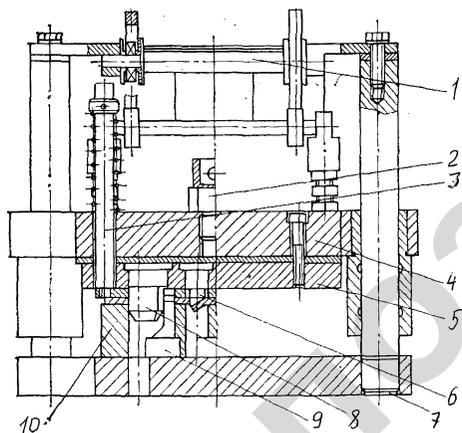


Рис. 6.12. Схема штампа для восстановления планок цепи:  
1 – выбрасыватель; 2 – хвостовик; 3 – толкатель; 4 – плита; 5 – прижим-съемник;  
6, 8 – пуансоны; 7 – колонка; 9 – фиксатор; 10 – матрица

Изношенную поверхность пятки скобы восстанавливают методом приварки дополнительной детали (накладки), изготовленной по форме поверхности скобы из пластины размером 50×55×5 мм. Изношенные отверстия крепления в скребках и скобах заваривают электросваркой и просверливают новые отверстия номинального размера с помощью кондукторов, которые рекомендуется применять и для сверления отверстий в новых скребках и скобах, изготовленных взамен выбракованных. Соединительные оси цепей, как правило, не восстанавливают, а заменяют новыми, изготовленными из калиброванного проката разными способами: механическим – на револьверных шестишпиндельных полуавтоматах, накаткой – на прокатных станах. Детали редукторов, натяжного и поворотного устройств ремонтируют по общепринятым технологиям.

В процессе ремонта пометоуборочной ленты ее обрезают, сваривают и натягивают. Ленты протягивают таким образом, чтобы их можно было бы сварить в области привода. Опорную плиту для сварки укладывают на боковые направляющие. Передний конец ленты укладывают на опорную плиту для сварки, прижимают к ведущему краю, накладывают шаблон для обрезки и ножом отрезают ленту по шаблону. Ленту прикладывают к другому ведущему краю, накладывают шаблон и также отрезают. Задний конец ленты укладывают на опорную плиту для сварки, прижимают к ведущему краю, накладывают шаблон для сварки и ножом отрезают ее по шаблону. Ленту прикладывают к другому ведущему краю, соответствующим образом накладывают шаблон и также отрезают ее. Концы ленты укладывают друг на друга с перекрытием 50 мм (рис. 6.13).

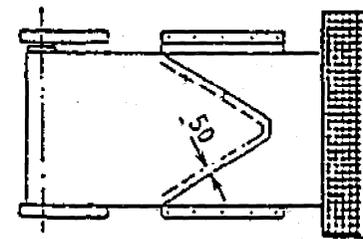


Рис. 6.13. Схема нахлестки ремонтируемой пометоуборочной ленты

Каждая лента приводится в движение при помощи приводных и прижимных катков для пометоуборочной ленты. Поэтому нельзя предварительно натягивать ленту. Если лента уходит в сторону, то регулировка производится кронштейном приводного катка. К нему также прикреплен прижимной каток (рис. 6.14).

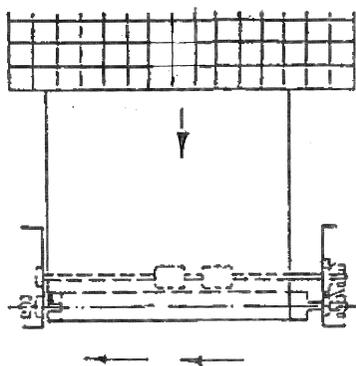


Рис. 6.14. Диагностические признаки ленты:  
а – лента уходит влево; б – лента уходит вправо

Для этого отпускают 6 болтов кронштейна и откручивают установочный винт на  $\frac{1}{2}$  оборота в сторону стрелки. Затягивают болты кронштейна. Прокручивают ленту на половину ряда. Перенатяжение прижимного катка может привести к чрезмерному износу пластмассовых зубчатых колес или поломке его вала.

## 7. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА И УХОДА ЗА ЖИВОТНЫМИ

### 7.1. Организация и технология монтажных работ

В животноводческих помещениях применяют различные системы вентиляции: приток под разрежением (естественный); централизованный механический приток по воздуховодам равномерной раздачи и естественный выброс отработанного воздуха; централизованный механический приток с сосредоточенной раздачей воздуха; децентрализованные приточно-вытяжные системы и др.

На фермах и птицефабриках используются системы микроклимата, включающие вентиляционные установки типа «Климат», тепловентиляторы типа ТВ, приточно-вытяжные установки типа ПВУ. Поддержание требуемых режимов отопительно-вентиляционного оборудования обеспечивает система автоматического регулирования параметров микроклимата в животноводческих помещениях.

Монтаж элементов системы вентиляции выполняют в соответствии с проектом. Воздуховоды прокладывают параллельно поверхностям строительных конструкций и прочно крепят к ним. Воздуховоды круглого сечения прокладывают параллельно смонтированным изолированным электропроводам на расстоянии 300 мм, а параллельно трубопроводам – на расстоянии 250 мм. Минимальные расстояния между поверхностями параллельных круглых воздуховодов – 100 мм. Прямоугольные воздуховоды от строительных конструкций, электро- и трубопроводов, а также между собой располагают на расстоянии 100, 200 и 400 мм при размерах сторон воздуховодов соответственно 100–400, 400–800 и 800–1000 мм. Сборку воздуховодов ведут от вентилятора. Фланцевые соединения воздуховодов располагают вне стен и перекрытий, при этом расстояние от фланца до конструкции должно быть не менее 150 мм.

При прокладке вертикальных воздуховодов следят за тем, чтобы они не отклонялись от отвесной линии более чем на 2 мм на 1 м

высоты. Гибкие вставки устанавливают только на прямых участках воздуховодов, без перекосов. Длину мягкой вставки принимают для вентиляторов до № 5 – 100 мм, а для вентиляторов № 5 и выше – 150 мм.

При толщине кирпичных и бетонных стен до 120 мм воздуховоды крепят на кронштейнах с подкосами, устанавливаемыми на сквозных болтах, проходящих через эти стены, а при толщине стен свыше 120 мм – на консолях или кронштейнах из угловой стали, заделываемых в стены. К железобетонным перекрытиям воздуховоды монтируют посредством тяги, проходящей через отверстия или стык перекрытия, а к деревянным балкам – при помощи цапф из полосовой стали, прикрепляемых к балкам костылями. Расстояния между креплениями горизонтальных металлических воздуховодов принимают до 3 м. Крепления вертикальных металлических воздуховодов устанавливают на расстоянии не более 4 м одно от другого. Расстояние между креплениями горизонтальных участков виниловых воздуховодов должно быть не более 2,5 м, а вертикальных – 3 м.

Для повышения качества монтажа как прямых, так и изогнутых участков трубопроводов из металла и полиэтиленовых трубопроводов можно использовать приспособление для калибровки и правки труб. Приспособление (рис. 7.1) состоит из вибрационного механизма, деформирующего элемента, выполненного в виде съемного шара, соединенного демпфирующей пружиной с тросом, заключенным в гибкую оболочку, связанную с корпусом вибрационного механизма и с размещенной в нем силовой пружиной. Деформирующий элемент выполнен с внутренней полостью 8, в которой размещен нагревательный элемент 9.

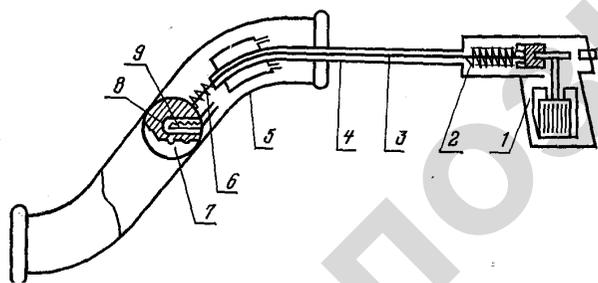


Рис. 7.1. Схема приспособления для калибровки и правки трубопроводов:  
1 – вибрационный механизм; 2, 6 – пружины; 3 – трос; 4 – оболочка; 5 – трубопровод;  
7 – шар демпфирующего элемента; 8 – полость; 9 – элемент нагревательный

Приспособление работает следующим образом. При калибровке или правке участков криволинейного трубопровода из термопластичных материалов гибкий трос 3 с шаром 7 необходимого диаметра вводят в трубопровод 5 до места правки и, при работающем вибрационном механизме 1, шар 7 продвигают по трубопроводу 5. За счет возвратно-поступательного и колебательного движения, сочетаемого с перемещением деформирующего элемента и нагревом внутренней поверхности трубопровода, осуществляется калибровка или правка трубопроводов при их изготовлении и монтаже.

Испытательное давление на прочность должно быть на 25 % выше максимального рабочего давления, но не ниже 0,2 МПа – для стальных, чугунных, виниловых, полиэтиленовых и стеклянных труб и 0,1 МПа – для труб из цветных металлов и сплавов. При испытании трубопроводов на плотность давление должно быть равно рабочему.

Монтаж центробежных и осевых вентиляторов заключается в установке на фундамент или виброизолирующие опоры с выверкой горизонтальности вала и крепления. Допустимое отклонение от горизонтальности по оси вала составляет 0,1 мм на 1 м длины вала. Установку вентилятора корректируют перед его креплением по уровню и отвесу. Правильность монтажа вентилятора и электродвигателя проверяют натяжением шнура в плоскости торцов шкивов: при одинаковой ширине шкивов их торцы должны лежать на одной прямой, а при разной ширине шкивов расстояние от торцовых кромок шкива должно быть одинаковым с обеих сторон шкива. Для повышения производительности труда при выверке в горизонтальной плоскости монтируемой воздуховодки монтажники могут использовать специальный кондуктор, схема и устройство которого приведены на рис. 7.2. Для упрощения процесса выверки и снижения затрат труда в кондукторе раскрепляющие устройства выполнены из двух стягиваемых шпильками, соединенными с разъемными кронштейнами, поясов, один из которых охватывает нижнюю часть оборудования, другой – верхнюю часть фундамента, и соединенных между собой через карданные шарниры регулируемые по длине стержнями.

Кондуктор включает четыре съемных кронштейна 1. Их устанавливают на углах верхней части фундамента под монтируемую воздуховодку. Четыре съемных кронштейна 2 устанавливают на нижней

части воздухоудвки. Имеются стяжные шпильки 3, которыми раскрепляются кронштейны 1 и 2 к углам фундамента и воздухоудвки и четыре стержня 4 с резьбовыми втулками 5, изменяющими длину стержня 4. Каждый из четырех стержней 4 соединен с кронштейном 1 фундамента и кронштейном 2 воздухоудвки так, что они размещены на противоположных углах одной стороны.

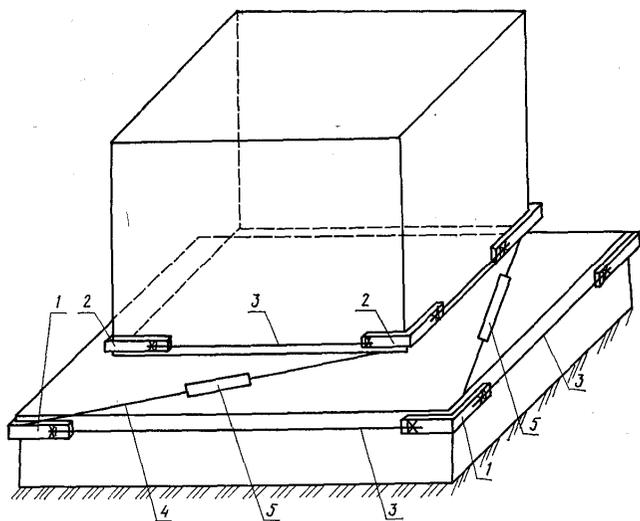


Рис. 7.2. Схема кондуктора для выверки в горизонтальной плоскости монтируемого оборудования:

1, 2 – кронштейны; 3 – стяжная шпилька; 4 – стержень; 5 – втулка резьбовая

Для выверки оборудования, предварительно установленного на фундаменте, на углы верхней части фундамента устанавливают кронштейны 1 и прикрепляют их к фундаменту стяжными шпильками 3, а на углы нижней части оборудования устанавливают кронштейны 2 и стягивают их шпильками 3. Удлинением стержня 4 с одной стороны и укорочением его с противоположной производят окончательную выверку оборудования. При необходимости разворота оборудования на некоторый угол относительно фундамента регулируют длины соответствующих двух стержней.

Для гашения колебаний устанавливают амортизаторы (рис. 7.3). Эти приспособления работают в режиме вынужденных колебаний.

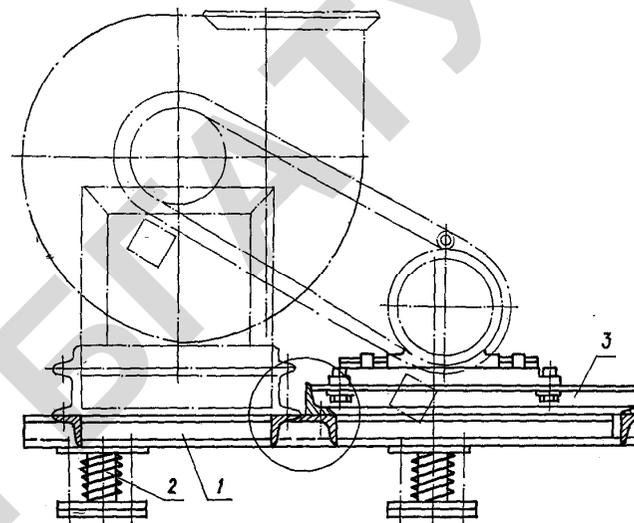


Рис. 7.3. Схема установки центробежного вентилятора на виброизоляторах: 1 – рама; 2 – виброизолятор; 3 – опора электродвигателя

Если, допустим, горизонтальный вал установки плохо центрирован, то возникает периодическая вертикальная сила

$$f = F_m \cos \omega t, \quad (7.1)$$

где  $\omega$  – частота вращения вала.

Эта сила передается на фундамента и может повредить крепление машины. Если машину массой  $m$  расположить на пружинах общей жесткости  $k$ , то собственная частота колебаний системы  $\omega_0$  определяется уравнением:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}.$$

Закон ее движения:

$$m\ddot{x} + kx = F_m \cos \omega t. \quad (7.2)$$

Деформация пружин будет происходить по закону:

$$x = X_m \cos \omega t. \quad (7.3)$$

При этом:

$$(\omega_0^2 - \omega^2) X_m = \frac{F_m}{m}. \quad (7.4)$$

Амплитуда колебаний пружины равна:

$$X_m = \frac{F_m}{m} \cdot \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}. \quad (7.5)$$

Сила, передаваемая на фундамент, будет иметь модуль:

$$F_1 = kX_m = F_m \cdot \frac{1}{|1 - \Omega^2|}, \quad (7.6)$$

где  $\Omega = \frac{\omega}{\omega_0}$ .

Если  $\omega_0 \ll \omega$ , то  $F_1 = \frac{F_m}{\Omega^2} \ll F_m$ , т. е. хорошая амортизация колебаний. Однако если частоты будут близки, то передаваемая фундаменту сила может оказаться даже больше, чем в отсутствие пружин.

## 7.2. Диагностика оборудования для создания микроклимата и ухода за животными

В процессе диагностирования оборудования для создания микроклимата осуществляется поиск дефектов и неисправностей, допущенных при монтаже и эксплуатации в целях определения технического состояния оборудования. Например, причина обрыва лопасти вентилятора – это повышенная виброакустическая активность из-за его дисбаланса (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Обрыв лопасти вентилятора вследствие повышенной вибрации из-за дисбаланса

Рабочей средой вентиляторов часто является смесь воздуха и твердых частиц. Эрозионный износ возникает при столкновении частицы с вращающейся лопастью. Для данного размера частиц максимальная область эрозионного повреждения характеризуется отрезком  $L_{\max}$  (рис. 7.5). Движение частицы определяют: аэродинамическая сила  $F_a$ , сила Кориолиса  $F_k$ , центробежная сила  $F_{ц}$ . Некоторые частицы скользят по поверхности лопасти (или от начала лопасти – частица I, или от точки столкновения частицы с лопастью – частица II), вызывая износ материала. В поле сил, действующих на частицу, появляется дополнительно сила трения  $F_T$  (частица III).

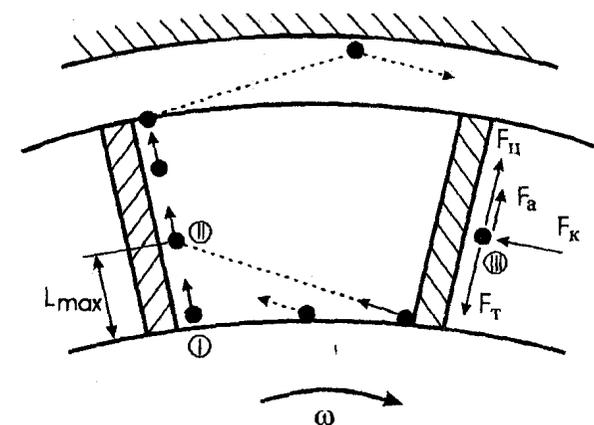


Рис. 7.5. Схема эрозионного износа лопасти вентилятора:  $F_a$  – сила аэродинамического сопротивления,  $F_k$  – Кориолисова сила инерции,  $F_{ц}$  – центробежная сила,  $F_T$  – сила трения

Твердые частицы, ударяясь о поверхность вентилятора и скользя вдоль нее, вызывают потери материала. Значительные повреждения наблюдаются на краях торцов лопастей (рис. 7.6). В начале лопасти пыль ударяет перпендикулярно поверхности ее носика и одновременно трется по касательной о контур. Носик профиля через определенное время спиливается, приобретая форму острия.



Рис. 7.6. Эрозия носовой части лопасти вентиляторов

В центробежных вентиляторах пролетающая пыль собирается в полосу вблизи несущего диска, вследствие чего области интенсивной эрозии на лопастях ротора имеют вид треугольников (рис. 7.7).



Рис. 7.7. Эрозия лопасти вентиляторов вблизи несущего диска

В осевых вентиляторах эрозия наблюдается вблизи вершин лопастей. На выходе лопастей истирание принимает форму узких полос (рис. 7.8), снижая прочность колес вентиляторов.

Если лопасти изготовлены в виде полых профилей, то в передней части возникают дыры, через которые внутрь полости поступает пыль. Неравномерный износ лопастей, а также заполнение пылью одной или нескольких полостей сопровождается дисбалансом вентилятора, его вибрациями, повреждениями подшипников, а затем и самого вентилятора. Аналогичный эффект неуравновешенности ротора возникает также вследствие неравномерного осаждения слоев пыли на лопастях и на передних дисках роторов центробежных вентиляторов.



Рис. 7.8. Изнашивание лопасти вентилятора твердыми частицами (штриховой линией показана начальная толщина лопасти)

Осаждение пыли наблюдается чаще всего в центробежных вентиляторах (в осевых вентиляторах лопасти обтекаются воздушным потоком без отрыва), в местах отрыва струи с тыльной стороны лопастей центробежного вентилятора или в передней части, если лопасти изогнуты вперед, а также на передних дисках непосредственно за входным отверстием в зоне разряжения. В центробежных вентиляторах с углом вылета при вершине лопастей, равным или большим  $90^\circ$ , пыль осаждается на их передней стороне.

Воздействию потока газообразной смеси подвержены также поворотные колена, тройники, переходные патрубки. Износ прямолинейных участков трубопровода характеризуется меньшей интенсивностью в сравнении с износом изгиба (поворотного колена) (рис. 7.9). Ударное взаимодействие под углом перемещает частицы по поверхности контакта. Силы трения притормаживают их. В результате угол отскока частицы больше угла падения, а возникающий в месте удара кратер является несимметричным. По мере развития эрозии часть кратера принимает форму, при которой удар становится перпендикулярным.

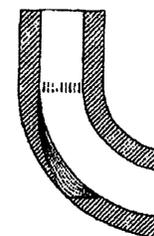


Рис. 7.9. Схема области изнашивания трубопровода

Одной из причин повышенной виброакустической активности воздушных машин является неправильная центровка соединяемых валов. Следует иметь в виду, что упругие муфты и гибкие сочленения только уменьшают вредное влияние неточной центровки, но не уничтожают его. Дефектами неправильной центровки является как угловое и параллельное смещение валов, которые вызывают колебания подшипников в осевом и радиальном направлении с частотой, равной частоте вращения валов, так и искривления валов.

К другим причинам повышенной виброакустической активности можно отнести следующие дефекты монтажного и эксплуатационного характера: задевание подвижных деталей машины, изъязы зубьев передач, выкрашивание дорожек шарикоподшипников, отсутствие виброизоляторов, глушителей и шумозащитных кожухов, отклонения от параллельности валов при клиноременной передаче, а также неуравновешенность вращающихся деталей.

При увеличении диаметрально противоположного перекоса соединительных полумуфт на величину от 0,04 до 0,08 мм уровень шума возрастает всего на 2 дБ (рис. 7.10). Увеличение перекоса более чем на 0,08 мм вызывает резкое повышение уровня шума на 5–8 дБ. Следовательно, величина диаметрального перекоса соединительных полумуфт воздушных машин не должна превышать 0,08 мм.

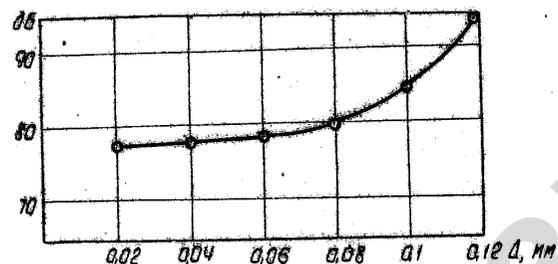


Рис. 7.10. Зависимость уровня шума воздушной машины от перекоса соединительных муфт

Незначительная непараллельность, равная примерно 0,3 мм, мало влияет на шум воздушной машины. При дальнейшем увеличении отклонения по этому параметру шум растет более заметно. При этом зависимость уровня шума от непараллельности валов почти пропорциональная (рис. 7.11).

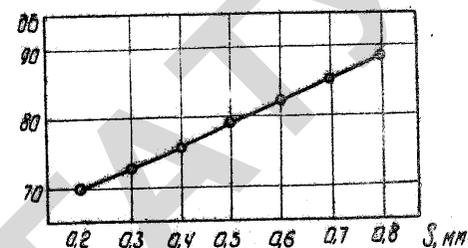


Рис. 7.11. Зависимость уровня шума воздушной машины от непараллельности валов при клиноременной передаче

Значительное снижение шума на 5–8 дБ получают облицовкой корпуса вентилятора вибродемпфирующей мастикой или материалом, обладающим тиксотропными свойствами. Установка вентиляторов на общую виброизоляцию приводит к снижению шума в спектре на 6–8 дБ (рис. 7.12).

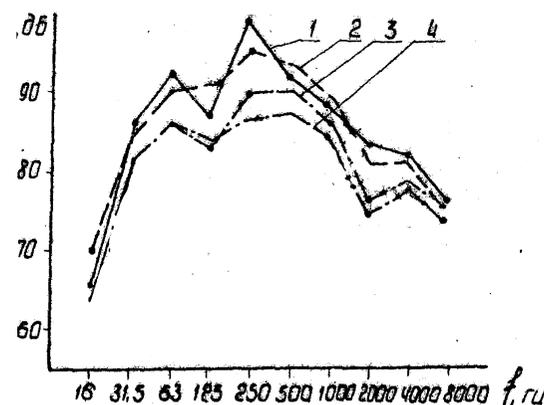


Рис. 7.12. Октавные спектры звукового давления вентилятора высокого давления:

- 1 – без звукоизоляции; 2 – установки рамы на резиновой прокладке толщиной 10 мм;
- 3 – установка рамы на прокладке толщиной 20 мм; 4 – покрытие кожуха войлоком толщиной 10 мм; 5 – применение глушителя; 6 – допустимые значения

Для вентиляции важными являются не только объем подаваемого воздуха, но и размеры, и направление воздушных струй и потоков. В сущности, оба последних параметра можно определить путем

измерения температур, но это затратный процесс. Лучше всего, если размеры и траектории потоков наблюдаются визуально. Такую возможность дает переносной дымогенератор (рис. 7.13), выбрасывающий плотную, четко видимую струйку дыма. Форма и траектория ее движения делают видимыми контуры спектров всасывания, границы и направления движения любых воздушных потоков в помещениях и возле оборудования.

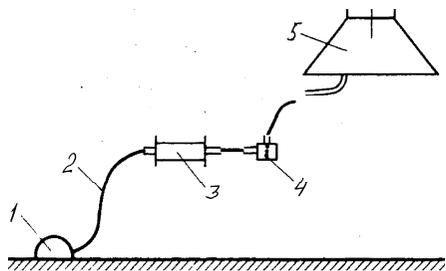


Рис. 7.13. Схема использования переносного дымогенератора:  
1 – насос-помпа; 2 – шланг; 3 – дымогенератор; 4 – коробка с внутренней противопожарной сеткой; 5 – отсос

При промышленном производстве шерсти для механизации стрижки овец применяют стригальные машинки МСУ-77Б и МСУ-200. Распространенной неисправностью стригальных машинок является забивание шерсти под нож машинки. Происходит это в результате слабого прижатия ножа к гребенке или нарушения регулировки положения рычага. При неправильной заточке пар свалывшаяся шерсть остается на овце после стрижки. Если в крайнем положении зуб ножа не перекрывает зуб гребенки, то под нож забивается шерсть. Это происходит и при нарушении регулировки положения рычага или ослаблении затяжки нажимной гайки. При сильном нажиме ножа корпус машинки перегревается. Неисправности могут быть вызваны общим загрязнением машинки, попаданием шерсти в ее механизмы, значительным износом упорного стержня центра вращения, подпятников, ролика, нажимных лапок, рычага, пальца вала-эксцентрика, шеек валов, посадочных мест кожухов и втулки. Заедание режущего аппарата стригальной машинки часто связано с попаданием под нож твердых предметов (колючек проволоки), износом ножа или усиков нажимных лапок, а также их пружин,

которые задевают за пазы гребенки. Возможно спадание рычага с центра вращения при замене режущей пары.

Односторонний износ гребенки и неравномерное прижатие ножа к гребенке происходят в результате искривления площадки корпуса машинки при ее падении, износа центра вращения, или если он был повернут при регулировке не на  $1/2$ , а на  $1/4$  или  $3/4$  оборота. Если машинка работает с большим шумом, то это может происходить из-за задевания рычага за корпус, значительного износа ролика, паза рычага или лапки, из-за нарушения регулировки положения рычага, а также при предельном износе шестерни привода машинки. Перегревание шарнирного механизма обычно связано с попаданием шерсти в шестерни или передаточный вал, вызванное тем, что поврежден защитный кожух или изношены шестерни.

При эксплуатации гибких валов нужно обращать внимание на то, чтобы они не перегружались, не образовывалось петель и резких перегибов. Все это приводит к повреждениям и, прежде всего, к преждевременному обрыву брони. Причиной неисправности гибкого вала может явиться прокручивание его сердечника в разрезном наконечнике или его обрыв. Перекос корпуса стригальной машинки определяют специальным прибором (рис. 7.14). Прибор состоит из корпуса 4, втулок 6, штуцера 2, пружины 5 и индикаторной головки 8 с ценой деления циферблата 10 мкм и ходом измерительного стержня 10 мм. Навинчиванием корпуса 4 на штуцер машинки устанавливают номинальное прижатие ножа к гребенке. При прокручивании передаточного валика машинки стрелка индикатора покажет перемещение верхней головки упорного стержня. Чем больше перемещение стержня, тем больше перекося площадка корпуса для крепления гребенки. Отклонение стрелки индикатора до 60 мкм показывает, что площадка имеет перекося в допустимых пределах. Если стрелка индикатора отклоняется больше, чем на 60 мкм, то необходимо проверить прямолинейность площадки контрольной линейкой и устранить перекося.

При проверке и настройке стригальных машинок следует иметь в виду, что если провести прямую, проходящую через центр верхней головки упорного стержня и головки центра вращения, то она должна быть перпендикулярна к плоскости гребенки, а ось упорного стержня в среднем положении ножа должна находиться под углом  $60^\circ$  к плоскости гребенки. Эти условия обеспечивают постоянное давление ножа на гребенку во всех его положениях.

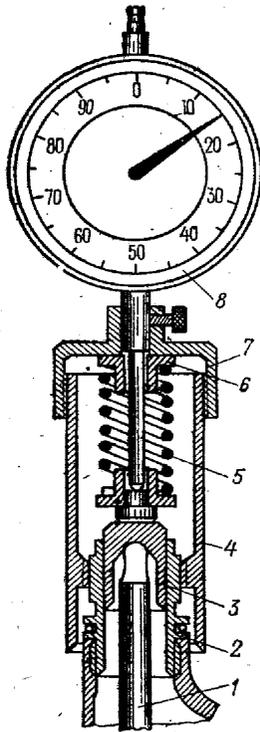


Рис. 7.14. Схема определения перекоса корпуса стригальной машинки:  
 1 – стержень; 2 – штанцер; 3 – патрон; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – втулка;  
 7 – колпачок; 8 – индикатор

Прямолинейность рабочей поверхности ножей и гребенок опытный точильщик проверяет контрольной лекальной линейкой. Хорошо заточенные ножи и гребенки не имеют просвета на всей ширине детали в любом направлении. При обнаружении просвета более 0,1 мм между рабочей поверхностью диска и линейкой диск протачивают или заменяют другим. Просвет между рабочей плоскостью ножа или гребенки и лекальной линейкой не должен превышать 0,05 мм. Если при нескольких заточках прямолинейность ножей и гребенок не достигается, тогда проверяют диск точильного аппарата. Диск с неровной поверхностью отправляют в мастерскую, где его протачивают на токарном станке.

### 7.3. Техническое обслуживание оборудования для создания микроклимата и ухода за животными

Регулировка радиального вентилятора производится с целью обеспечения оптимальных зазоров между рабочим колесом и корпусом вентилятора (рис. 7.15).

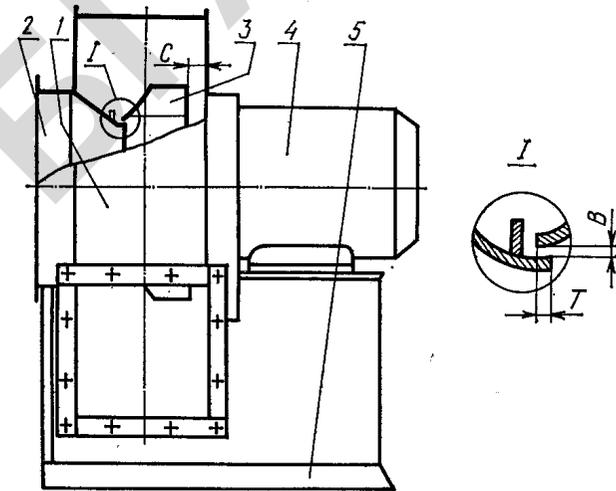


Рис. 7.15. Радиальный вентилятор:  
 1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – рабочее колесо; 4 – электродвигатель;  
 5 – станина;  $C$  – осевой зазор между колесом и корпусом;  $B$  – радиальный зазор;  
 $T$  – осевой зазор между колесом и патрубком

Осевой зазор  $C$  между рабочим колесом 3 и стенкой корпуса 1 устанавливается в размере  $C = 0,04D$ , где  $D$  – диаметр рабочего колеса вентилятора. Требуемый осевой зазор обеспечивается перемещением электродвигателя или вала вентилятора (при использовании клиноременной передачи). Осевой зазор  $T$  между входным патрубком 2 и рабочим колесом 3 регулируется путем перемещения входного патрубка. Для этого необходимо ослабить винты крепления входного патрубка и установить требуемый зазор. Оптимальное значение осевого зазора составляет  $T = 0,01D$ . Увеличение осевого зазора  $T$  сверх оптимального приводит к ухудшению параметров работы вентилятора (к снижению подачи и развиваемого давления).

Карта смазки стригальной машинки МС0-77Б

Место смазки	Кол-во точек смазки	Смазочный материал	Периодичность смазки	Указания по проведению смазки
Головка упорного стержня	2	Солидол	1–2 раза в смену	Заложить при сборке
Центр вращения	1	Солидол	То же	То же
Ролик	1	Солидол	То же	То же
Шестерни шарнирного механизма	1	Солидол	То же	То же
Передаточный вал	1	Масло	То же	Полив
Вал эксцентрика	1	Масло	Ежесменное	То же
Режущая пара	1	Масло	То же	Окувание
Гибкий вал ВГ-10	1	Солидол	Через 20–30 ч	Заложить при сборке
Неокрашенные поверхности		Смазка ПВК ГОСТ 19537–74	При подготовке к хранению	Слой толщиной 0,5 мм

Радиальный зазор  $B$  между рабочим колесом и входным патрубком устанавливается перемещением корпуса вентилятора и электродвигателя относительно станины. При этом используются регулировочные прокладки, устанавливаемые под лапки электродвигателя или под головки указанных болтов. Радиальный зазор обеспечивается в размере  $B = 0,05D$ .

Радиальный зазор между лопатками рабочего колеса и корпусом осевого вентилятора во всех точках должен составлять не более 0,5 % от диаметра рабочего колеса.

Перед началом работы стригальной машинки МС0-77Б проверяют наличие смазки в полости брони и арматуре гибкого вала. Шестерни шарнирного механизма, головки упорного стержня, центра вращения и ролик ежедневно смазывают универсальной среднетемпературной смазкой УС-2 ГОСТ 1033–73 (рис. 7.16).

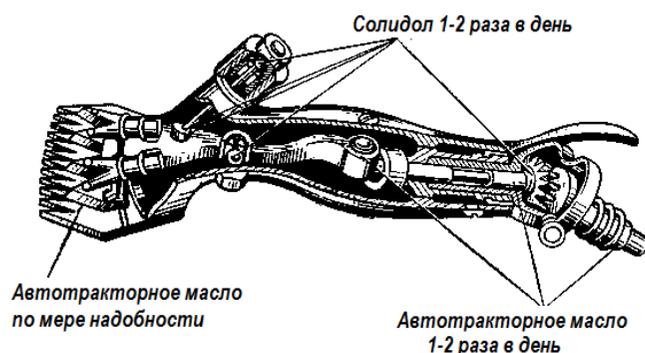


Рис. 7.16. Точки смазки стригальной машинки МС0-77Б

Вал эксцентрика и передаточного вала смазывают автотракторным маслом АСП-6 или АСП-10 (ГОСТ 1862–63) 1–2 раза в день, а режущую пару – по мере необходимости. Новый вал разбирают и тщательно промывают в керосине. Для этого снимают броню вала, отвинчивают гайку наконечника, снимают наконечник и извлекают вал. Броню протирают ветошью, пропитанной керосином, просушивают вал и покрывают его тонким слоем смазки, предварительно смазав броню жидкотекучим маслом. После 6–8 ч работы вала его повторно разбирают, промывают и смазывают (табл. 7.1). В последующем смазку заменяют через каждые 25–30 ч работы.

Перед началом работы машинки МСУ-200 проверяют наличие смазки в полости подшипников (рис. 7.17).

Шестерни шарнирного механизма, головки упорного стержня, центра вращения и ролик ежедневно смазывают универсальной среднетемпературной смазкой УС-2 ГОСТ 1033–73 (табл. 7.2). Для удаления жира режущие пары машинок окунают в горячий 5%-й раствор кальцинированной соды, а после ополаскивания смазывают автотракторным маслом.

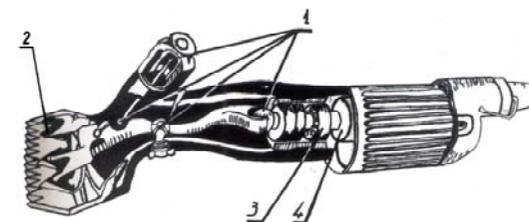


Рис. 7.17. Точки смазки стригальной машинки МСУ-200: 1 – сфера упорного стержня и центра вращения, ролик; 2 – режущая пара; 3 – полость подшипников; 4 – электродвигатель

Таблица 7.2

Карта смазки стригальной машинки МСУ-200

Место смазки	Кол-во точек смазки	Смазочный материал	Периодичность смазки
Сферы упорного стержня и центра вращения, ролик	4	Солидол	1–2 раза в смену
Режущая пара	1	Масло веретенное или масло трансформаторное	Несколько раз в смену
Полость подшипников	1	Консистентная смазка	Через 200 ч работы
Полость редуктора и лабиринтного уплотнения	1	Консистентная смазка	Через 60 ч работы
Неокрашенные поверхности		Смазка ПВК ГОСТ 19537–74	При подготовке к хранению

Неопытные наладчики уделяют большую часть времени наладиванию машинок и замене режущих пар, а это – не главное в их работе. Главное – научить самих стригалей регулировать машинку и пользоваться ею при работе. Как правило, наладчик обслуживает 15–20 стригалей, а опытный точильщик работает с 30 стригаями. Но он устраняет только крупные неполадки в работе машинок, мелкие неисправности исправляют сами стригали.

Для легкого вхождения гребенки в шерсть необходимо установить ее так, чтобы от начала скосов (фасок) гребенки до начала зубьев ножа было расстояние 1–2 мм (рис. 7.18).

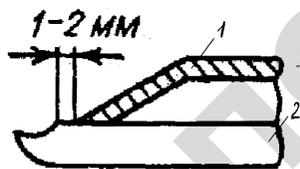


Рис. 7.18. Регулировка ножа стригальной машинки:  
1 – нож; 2 – гребенка

Крайний зуб ножа должен при крайних своих положениях находиться на уровне последнего зуба гребенки (рис. 7.19). Эта регулировка проводится путем сдвигания гребенки при отпущенных винтах вперед, назад, влево или вправо относительно корпуса машинки. При износе ножа и уменьшении его длины гребенку сдвигают к буртику на площадке корпуса. При расстоянии меньше 0,5 мм во время стрижки можно порезать кожу животных.

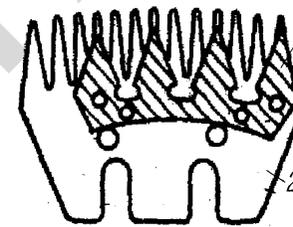


Рис. 7.19. Регулировка гребенки стригальной машинки:  
1 – нож; 2 – гребенка

Регулировка ролика эксцентрика производится с таким расчетом, чтобы он выступал из паза хвостовой части рычага в верхнем его положении на  $\frac{1}{3}$  своего диаметра. Такое положение ролика достигается ввинчиванием или вывинчиванием центра вращения. Обычно эту регулировку делают «на глаз», однако более точно можно отрегулировать положение ролика, используя специальное приспособление (рис. 7.20). Для замера высоты ролика 9 над хвостовиком рычага 10 со стригальной машинки снимают заглушку смотрового окна, пальцами руки сжимают три ножки 6 и пропускают их через смотровое окно в корпус стригальной машинки, где они под действием резинового кольца 7 разойдутся. Затем нажимом руки прибор опускают до упора в хвостовик рычага, при этом стержень 1, упираясь в ролик 9, сжимает пружину 5 и поднимается вверх. Шкала, нанесенная на верхнюю часть стержня, показывает размер выступа ролика над хвостовиком (мм).

При износе ножа, т. е. при уменьшении его высоты, центр вращения рычага необходимо опускать, а при установке нового и более высокого ножа – поднимать. Если рычаг отрегулирован правильно (рис. 7.21), то ролик в среднем положении рычага выступает из его паза на  $\frac{1}{3}$  своего диаметра, т. е. примерно на 4 мм.

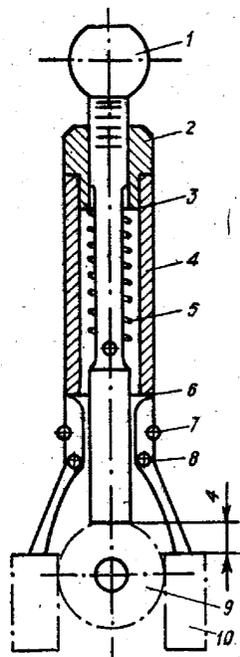


Рис. 7.20. Схемы регулировочных приспособлений положения хвостовика рычага:  
 1 – стержень; 2 – пробка; 3 – шайба; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – ножка;  
 7 – кольцо; 8 – ось ножки; 9 – ролик эксцентрика; 10 – хвостовик

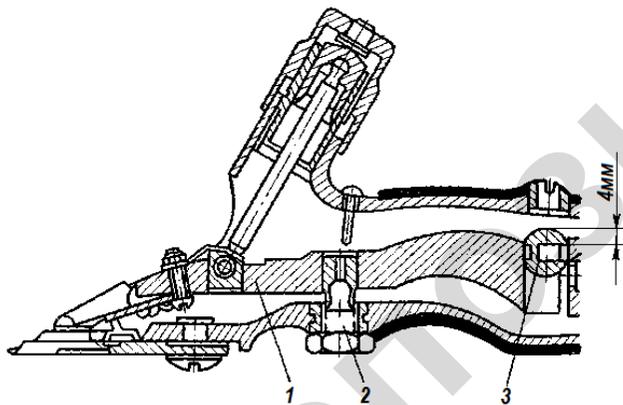


Рис. 7.21. Регулировка положения рычага в корпусе машинки:  
 1 – рычаг; 2 – центр вращения; 3 – ролик

Упорный стержень головкой меньшего диаметра устанавливают в подпятник рычага, а большего – в нажимной патрон. При износе сферических головок упорный стержень следует заменить. Поскольку подпятник центра вращения повернут чашечкой вниз и смазка из него быстро вытекает, то, кроме регулярной смазки и очистки, его периодически поворачивают на пол-оборота. Нажимные лапки при этом должны свободно поворачиваться вокруг своей оси, что создает равномерное давление на нож во всех положениях и исключает поперечное качание рычага. При выработке отверстий под лапки рычаг следует заменить. Запрещается спиливать усики пружины нажимных лапок, так как нож при этом может выпасть и нанести травму. При регулировке положения рычага ослабляют гайку, стопорящую центр вращения от самооткручивания, и, удерживая ее ключом, выкручивая или закручивая центр вращения рычага, изменяют положение рычага. Нарушение регулировки силы прижатия ножа является причиной некачественной стрижки. При слабом нажиме шерсть затягивается под нож, не режется и рвется, а при сильном режущая пара быстро затупляется и нагревается, что приводит к ее отпуску и потере твердости. Степень затяжки нажимной гайки обычно проверяют пробным проходом машинки.

#### 7.4. Ремонт оборудования для создания микроклимата

При ремонте трубопроводов приходится устранять подсосы или утечки воздуха. Для повышения герметичности подтягивают крепления, меняют прокладки фланцевых соединений, наносят различные герметизирующие покрытия. Особого внимания заслуживает герметизация трубопроводов с использованием специальных паст, которые наносят на кожухи воздуходушных машин для уменьшения шума и вибрации.

Для нанесения герметизирующих материалов разных составов применяют пневматический шприц со сменными гильзами. Шприц (рис. 7.22) содержит головку с рукояткой, сменную гильзу с поршнем, выполненным в виде полого шара, и крышку со сменным наконечником. Наружная поверхность гильзы 5 покрыта слоем теплоизолирующего материала, препятствующего быстрому охлаждению мастики. К головке 14 присоединено посредством стяжек направляющее кольцо 10. Крышка 8 шарнирно связана с кольцом 10. Она крепится

на переднем торце гильзы 5 посредством замка 6. В рукоятке 16 размещен воздуховод 1, соединенный с источником подачи сжатого воздуха, запорный клапан 15, связанный курком 2 через золотник 3 с атмосферой.

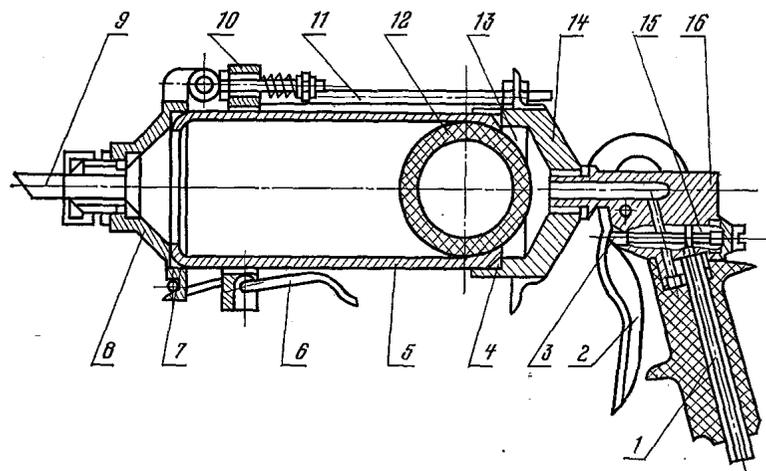


Рис. 7.22. Пневматический шприц для нанесения герметизирующих мастик:  
1 – воздуховод; 2 – курок; 3 – золотник; 4, 7 – уплотнительные кольца;  
5 – сменная гильза; 6 – замок; 8 – крышка; 9 – наконечник; 10 – кольцо;  
11 – стяжка; 12 – поршень; 13 – камера; 14 – головка; 15 – клапан; 16 – рукоятка

Шприц работает следующим образом. Заполненную разогретой мастикой сменную гильзу 5 с поршнем 12 вставляют в направляющее кольцо 10 поршнем в сторону головки 14 и досылают до упора в торец головки. Передний торец гильзы закрывают крышкой 8 и посредством замка 6 прижимают гильзу к головке 14. Герметизация стыков между торцами головки, гильзы и крышки обеспечивается уплотнительными кольцами 7 и 4. При нажатии на курок 1 клапан 15, нормально перекрывающий воздуховод 1, открывается, и сжатый воздух, поступающий в камеру 13, перемещает поршень в сторону крышки 8, выдавливая мастику из полости гильзы. Так как поршень изготовлен из упругого эластичного материала и выполнен в виде полого шара, то при использовании мастик различной вязкости он не будет опрокидываться, а лишь повернется в гильзе, полностью перекрывая сечение последней.

Такое устройство шприца повышает точность совпадения поршня с внутренней поверхностью корпуса около наконечника, обеспечивает полное выдавливание мастики из корпуса шприца, предотвращает возможность опрокидывания поршня и упрощает его конструкцию.

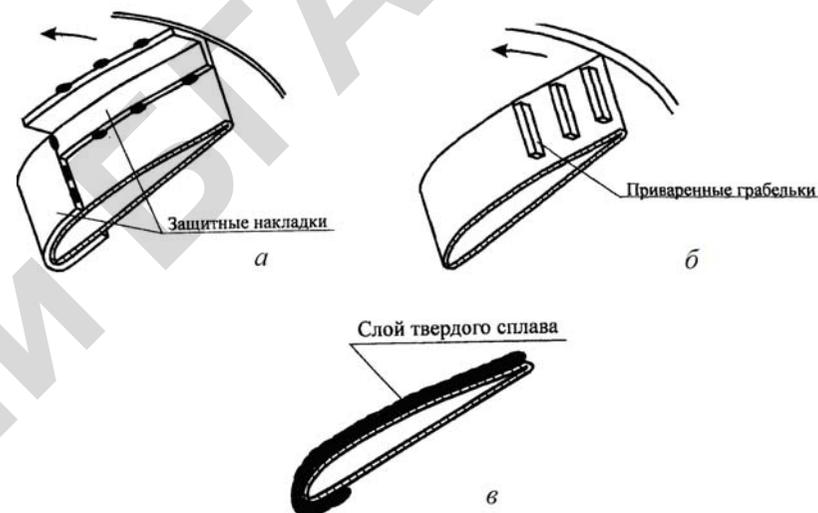


Рис. 7.23. Способы защиты лопастей от эрозии:  
а – накладками; б – прутками; в – твердым сплавом

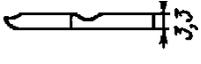
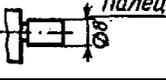
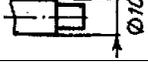
Эрозию осевых и центробежных вентиляторов устраняют стальными накладками на носиках лопаток (рис. 7.23, а), металлическими прутками прямоугольного сечения (рис. 7.23, б) или наплавкой на поверхность лопасти слоя твердого металла, например, самоупрочняющегося специального твердого чугуна в виде поперечных полосок (рис. 7.23, в).

## 7.5. Ремонт стригальных машинок

Основными дефектами деталей стригальных машинок являются износы, царапины и коррозия. Большинство отказов связано с режущими парами и нажимным и эксцентриковым механизмом. В табл. 7.3 приведены значения допустимых предельных износов у машинок для стрижки овец.

Таблица 7.3

Допустимые предельные износы деталей стригальной машинки

Наименование детали	Номинальные размеры, мм	Выбраковочные размеры, мм
Нож		2,00
Гребенка		2,40
Ролик		12,36 6,20
Кожух наружный с пальцем		7,65
Кожух внутренний		8,30
Эксцентрик		5,85
Серьга		12,95
Вал передаточный (эксцентрик)		9,88

Нож и гребенку после промывки затачивают на точильных аппаратах, перемещая их вправо и влево по диску. Перед заточкой диск смазывают пастой из шлифпорошка и веретенного масла. После заточки нож и гребенку промывают и доводят их рабочие поверхности вручную на диске, смоченном маслом и керосином. При проверке линейкой рабочей поверхности деталей просвет между ними не допускается. Изношенные резьбы в корпусе под винты крепления гребенки и под центр вращения рычага восстанавливают до увеличенных размеров 1М8Х1 и 2М12Х1 соответственно и ставят винты из стали 45. Износ пятки и центра вращения по диаметру и высоте допускается не более 1,0 мм.

Подпятники центра вращения и упорного стержня заменяют при износе по глубине более 1,0 мм.

При испытании машинка должна работать без стука, срезать шерсть не выше 5 мм от кожи овцы и нагреваться не выше 50 °С.

У гибкого вала при повреждении сердечника концы поврежденного участка обрезают, надевают медную втулку длиной 50 мм и пропаивают.

При повреждении панциря гибкого вала втулку и остаток панциря удаляют из наконечника. Оправку приспособления зажимают в тиски, зачищенный и выравненный конец панциря помещают в разрезную втулку, вставляют наконечник, надевая его на панцирь, и ударами молотка по установленному пуансону раздают панцирь, закрепляя его в наконечнике.

Заточка ножей и гребенок – одна из самых ответственных операций подготовки стригальной машинки к работе. От качества их заточки зависят производительность труда стригалей и качество стрижки. Рабочее место точильщика оснащают точильным аппаратом ДАС-350, двумя ванночками 7 для промывки ножей и гребенок, шкафом для хранения заточенных пар (рис. 7.24).

Точильный аппарат 4 устанавливают на специальном верстаке 1, с левой стороны которого крепят полки 2 и 5 для режущих пар, подлежащих заточке, а с правой – две ванночки емкостью 15 л каждая. В одной ванне с крышкой и сетчатой корзиной промывают в керосине заточенные режущие пары от остатков абразива, а в другой, в растворах каустической соды или сульфанола, – режущие пары от жиропота перед заточкой. В дно ванны вмонтирован активатор с приводом, а на боковой стенке ее – электронагревательный элемент мощностью 250 Вт. Имеется щит со штырями для размещения заточенных режущих пар. Норму выработки точильщика нужно определять не количеством отточенных режущих пар, а количеством и качеством остриженных этими парами овец (опытные точильщики промывают и затачивают режущую пару полторы-две минуты). Ножи и гребенки перед заточкой промывают в горячей воде или керосине при помощи волосяной кисточки. Затем на диск точильного аппарата кисточкой наносят тонкий слой наждачной смеси, состоящей из шлифпорошка и керосина, разведенного до состояния, при котором смесь удерживается на рабочей поверхности диска.

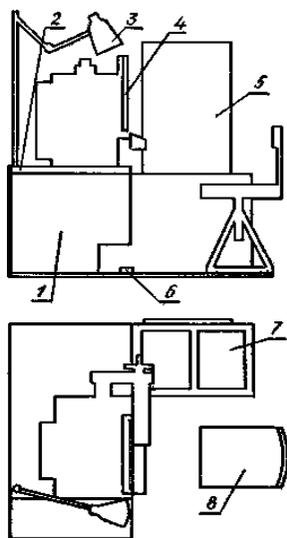


Рис. 7.24. Рабочее место точильщика:

1 – верстак; 2, 5 – полки; 3 – светильник; 4 – точильный аппарат;  
6 – кнопки управления; 7 – ванночки; 8 – стул

Во время заточки легко прижимают нож или гребенку державкой к диску и перемещают державку медленно вправо и влево, при этом зубья всегда должны находиться на диске. На державку нажимают легко, не допуская нагрева ножа или гребенки. Затачивают ножи и гребенки в два приема: на одном диске точильного аппарата затачивают с помощью наждачной пасты или порошка, а на другом доводят их рабочие поверхности, смачивая заточной диск только керосином. При доводке ножей и гребенок прижимают их к диску очень слабо.

Нож или гребенку на штифты державки надевают так, чтобы зубья их были направлены против вращения диска. Затачиваемый нож или гребенка слегка прижимается державкой к диску и медленно перемещается вправо и влево по всей ширине поверхности диска с выходом соответственно 1–2 зубьев за его пределы. Прижим ножа или гребенки начинается с пятки, а затем передается на всю поверхность. Затачивают при легком нажатии, не допуская их перегрева, до образования новой поверхности. В процессе заточки наблюдается искрение из-под затачиваемой поверхности.

При прекращении искрения на поверхность диска вновь наносят пасту. При многократной заточке концы зубьев гребенки принимают остроконечную форму. Во избежание ранения овец при стрижке притупляют зубья таких гребенок наждачным точилом или бруском, после чего полируют их концы на деревянном бруске. За час работы опытный точильщик обслуживает 20 стригалей, оттачивая 30–35 режущих пар, которыми можно остричь 200–210 овец.

Скрученные валы можно заменить или восстановить соединительными муфтами и пайкой. При плохой пропайке отдельные проволочки, особенно внутренних слоев, вытягиваются, тем самым нарушая жесткость навивки сердечника. Устраняют это пропайкой предварительно зачищенных концов сердечника гибкого вала расплавленным припоем на глубину 20–25 мм, после чего концы сердечника плотно подгоняют в отверстие наконечника на глубину не менее 18–20 мм. Поврежденный брезентовый чехол гибкого вала, предохраняющий стригалю от ожогов в случае перегрева брони, следует заменить. Излом брони гибкого вала устраняют припайкой ее в наконечнике, протравливая панцирь и наконечник на длине 10–15 мм и запаивая их.

Кольцевые канавки на чугунных дисках аппаратов возобновляют, снимают проточки на рабочей поверхности диска точильным аппаратом при подаче суппорта на 0,3 мм/об. При заточке режущих пар на чугунных дисках с гладкой поверхностью следует пользоваться наждачной пастой густой консистенции, состоящей из трех весовых частей шлифовочного порошка № 5 и одной весовой части масла АСп-10, которую наносят на остановленный диск перед заточкой каждого ножа и гребенки.

Рабочее место слесаря-наладчика стригальных машинок обычно включает (рис. 7.25) верстак 1 с крышкой из досок толщиной 40 мм, боковые стенки которой закрыты кровельной жестью, а задняя стенка верстака поднимается над крышкой на 500–800 мм. С лицевой стороны верстака устраивают выдвижные ящики 2 и бак 3 емкостью 40–50 л с краном для масла. Под краном бака при заправке масленок располагают выдвижную ванночку. На крышке верстака закрепляют тиски 11. На раме задней стенки устраивают световое табло 6, связывающее слесаря-наладчика со стригальями. Для проверки отлаженных стригальных машинок и валов к верстаку 1 подвешен электродвигатель 7 стригальной машинки с гибким валом.

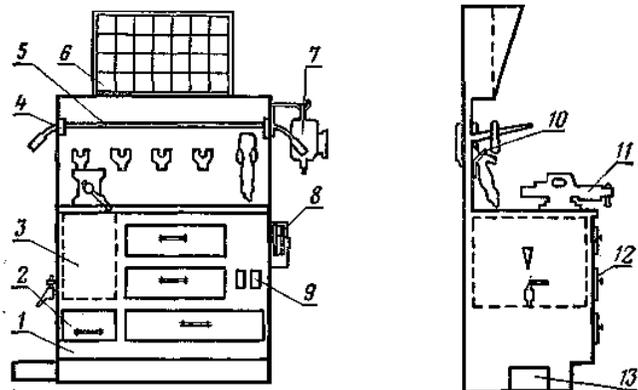


Рис. 7.25. Рабочее место слесаря-наладчика:  
 1 – верстак; 2, 12, 13 – ящики; 3 – бак для масел; 4, 5, 10 – вешалки для гибких валов и машинок; 6 – световое табло; 7 – электродвигатель; 8 – точило; 9 – кнопки управления; 11 – тиски

Конструкция точильного аппарата ДАС-350 позволяет не только затачивать режущие пары стригальных машинок, но и при необходимости протачивать и нарезать заточной диск, не снимая его с аппарата (рис. 7.26).

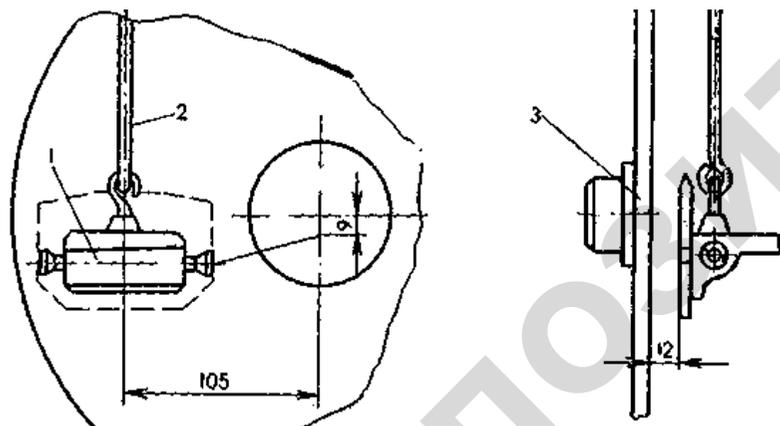


Рис. 7.26. Регулировка положения держателя точильного аппарата ДАС-350:  
 1 – держатель; 2 – тяга; 3 – диск

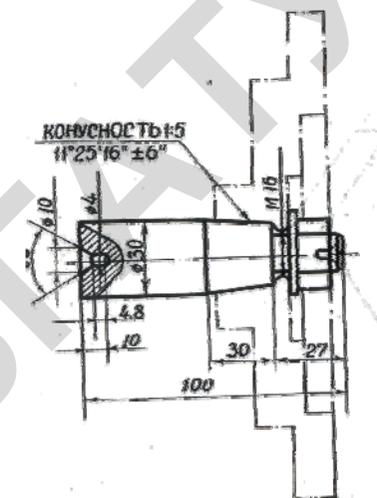


Рис. 7.27. Оправка для проточки диска

Диск точильного аппарата ТА-1 можно протачивать на аппарате ДАС-350 или на токарном станке, используя специальную конусную оправку для установки и закрепления диска, как показано на рис. 7.27.

## 8. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЕГО ХРАНЕНИИ

### 8.1. Правила хранения и техническое обслуживание оборудования

Правила хранения и техническое обслуживание животноводческого оборудования при хранении регламентированы ГОСТ 7751–2009. Машины ставят на межсезонное хранение (если перерыв в хранении до 10 дней), кратковременное (от 10 дней до 2 месяцев) или длительное (более 2 месяцев). Помещения для хранения машин и оборудования животноводческих и птицеводческих ферм должны иметь вентиляционно-отопительные системы, обеспечивающие относительную влажность воздуха не более 65 %. Концентрация вредных веществ воздуха рабочей зоны должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005–88.

Машины и оборудование, подлежащее длительному хранению (более 2 месяцев) очищают от технологических остатков, пыли, грязи, ржавчины. При очистке и мойке поверхностей от технологических остатков, пыли и грязи пользуются моющими установками или стволками со шлангами, подключенными к водопроводной сети. Мойку поверхностей необходимо проводить струей воды под давлением не более 0,5 МПа. Нельзя оставлять на поверхности деталей машин остатки различных кормов, поскольку они способствуют питтинговой коррозии конструкционных материалов, снижая прочность деталей.

Очищенные и высушенные поверхности деталей должны быть защищены от разрушения эмалевыми покрытиями. Устойчивым в животноводческих помещениях является покрытие из эпоксидных эмалей. Можно пользоваться для этих целей и разными битумными лаками, но для увеличения их антикоррозионных свойств необходимо добавить до 5 % (по массе) присадки АКОР-1, ингибированных масел НГ-203, НГ-216 или, в крайнем случае, масла картера. Эти присадки и масло уменьшают хрупкость пленок битумных покрытий, увеличивают их адгезию к металлу.

При длительном хранении машин на открытых площадках снимают, готовят к хранению и сдают на склад электрооборудование (аккумуляторные батареи, генератор, стартер, магнето, фары), втулочно-роликовые цепи и приводные ремни, составные части из резины, полимерных материалов и текстиля (шланги гидросистем, мягкие сиденья), стальные тросы и ножи режущих аппаратов, инструмент и приспособления (рис. 8.1).

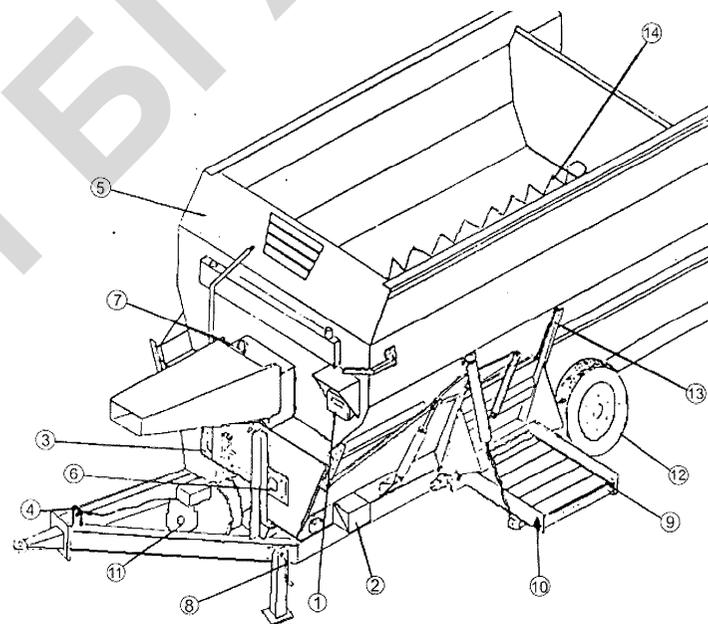


Рис. 8.1. Схема консервации мобильного кормораздатчика (снимаемые узлы и детали): 1 – весы; 2 – аккумулятор; 3 – цепи втулочно-роликовые; 4 – арматура и шланги тормозной системы; покрываемые предохранительным составом; 5 – восстановленные покрытия поврежденных участков наружной поверхности; 6 – звездочки цепных передач; 7 – шланги гидравлической системы; 8 – трос стояночного тормоза; 9 – планки и направляющие транспортера; 10 – болты натяжения транспортера и приводных цепей; 11 – шлицевые поверхности открытых концов валов и карданной передачи; 12 – шины; 13 – направляющие задвижек; 14 – ножи

Втулочно-роликовые цепи очищают, промывают в промывочной жидкости и выдерживают не менее 20 мин в подогретом от 80 до 90 °С моторном масле (для карбюраторных и дизельных двигателей), просушивают и скатывают в рулон. Приводные ремни промывают

теплой мыльной водой или обезжиривают неэтилированным бензином, просушивают, припудривают тальком и связывают в комплекты. Наружные поверхности шлангов гидросистемы очищают от масла, просушивают, припудривают тальком. Рабочую жидкость из шлангов сливают, отверстия закрывают пробками-заглушками. Допускается хранить шланги гидросистемы на машине. Поверхности их дополнительно покрывают светозащитным составом или обертывают парафинированной бумагой по ГОСТ 956 9–2006.

Тросы очищают и покрывают защитной смазкой. Все отверстия (загрузочные и выгрузные, смотровые устройства, заливные горловины баков и редукторов, заслонки карбюраторов и вентиляторов, выхлопные трубы двигателей), через которые могут попасть атмосферные осадки во внутренние полости машин, плотно закрывают крышками, пробками-заглушками или клеевыми лентами (ГОСТ 18251–87). При длительном хранении под навесом электродвигатели снимают с машин, подвергают консервации и сдают на склад. Электрические стригальные машины, электродвигатели, точильные аппараты и гибкие валы упаковывают в отдельные ящики и сдают на склад. Электродвигатели машин, подлежащих длительному хранению в животноводческих помещениях, должны быть герметизированы с применением вязущих консистентных смазок или бумаги. Детали для крепления снимаемых составных частей машины устанавливают на свои места. К снятым составным частям прикрепляют бирки с указанием хозяйственного номера машины.

Допускается хранить пневматические шины в разгруженном состоянии на машинах, установленных на подставках (рис. 8.2). Поверхности шин покрывают воском или защитным составом. Давление в шинах при закрытом и открытом хранении снижают до 70 % номинального значения.

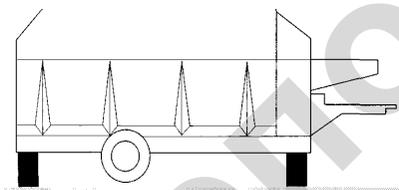


Рис. 8.2. Схема установки кормораздатчика на хранение

При техническом обслуживании машин в период хранения проверяют правильность установки машин на подставках или подкладках (устойчивость, отсутствие перекосов, прогибов), комплектность (с учетом снятых составных частей машины, хранящихся на складе), давление воздуха в шинах, состояние заглушек и плотность их прилегания, состояние антикоррозионных покрытий (наличие защитной смазки, целостность окраски, отсутствие коррозии). Состояние машин и оборудования в процессе хранения периодически контролируют: в закрытых помещениях – через каждые два месяца; под навесами и на открытых площадках – ежемесячно, а также немедленно после сильных атмосферных осадков (дождей, снега). Проверяют правильность установки машин на подставках (отсутствие перекосов, устойчивости), комплектность, давление воздуха в шинах, состояние антикоррозионного покрытия.

После окончания периода хранения проводят расконсервацию техники: снимают с подставок, очищают детали, покрытые защитной смазкой, удаляют заглушки, проверяют исправность механизмов, заправляют агрегаты необходимыми эксплуатационными материалами, подключают электрифицированное оборудование к сети. Проводят пуск машины на холостом режиме, проверяют работу узлов и механизмов, устраняют выявленные неисправности, регулируют.

Работы (мероприятия) по защите от коррозии машин и оборудования животноводства как в период использования по назначению, так и при хранении предусматривают:

- внедрение более стойких эмалей, особенно эффективных при нанесении на влажную и проржавевшую поверхность;
- создание и внедрение нетоксичных ингибиторов коррозии металлов;
- создание и внедрение малотоксичных и доступных преобразователей ржавчины;
- разработку и внедрение переносных, легких по массе и малогабаритных приборов, инструментов и оборудования в процессе эксплуатации;
- нанесение лакокрасочных материалов, преобразователей ржавчины и ингибиторов коррозии.

## 9. ОБНОВЛЕНИЕ ПАРКА МАШИН И ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Ускорение технического прогресса характеризуется быстротой смены моделей и степенью усовершенствования новой машины в сравнении со старой, что приводит к резкому повышению производительности и снижению себестоимости продукции животноводства. Необоснованное снижение или чрезмерное увеличение длительности периода обновления техники влечет за собой убытки. Во-первых, быстрая смена моделей машин с незначительной разницей технико-экономических показателей, создавая видимость технического прогресса, не приносит выгоды животноводству. Во-вторых, при современных масштабах механизации технологических процессов в животноводстве замена всего действующего парка машин в течение сравнительно короткого периода времени требует огромных затрат средств и материалов, которые не окупаются, если новые машины не имеют существенных преимуществ перед снятыми с производства образцами.

Одним из условий эффективного использования машин в течение срока полного обновления парка является повышение точности расчета величины текущих затрат на их сервис. Запасные части дорогостоящие и составляют в структуре затрат на ремонт свыше 50 % для отечественной и более 80 % для импортной техники.

Организация эксплуатации машин требует определенных объемов финансирования, точность которого низкая, так как элементами парка являются новые и старые машины и оборудование. Задача рационального финансирования работ, связанных с поддержанием парка машин в работоспособном состоянии, решается путем использования усредненных норм отчислений. Применяемые нормы лишь косвенно учитывают изменение технических характеристик машин, экономические принципы нормирования и специфику их эксплуатации. Расчет динамики затрат по нормам расхода запасных частей возможен только при наличии дифференцированных норм по годам эксплуатации машин. Использование статистических данных,

характеризующих всю совокупность машин, затруднительно вследствие сложности учета особенностей изменения численности и возрастной структуры парка за срок обновления. Строгое математическое определение возможных затрат на ремонт оборудования вызывает трудности из-за наличия большого количества переменных факторов и приближенной точности основных исходных данных. Это обуславливает необходимость решения рассматриваемого вопроса простейшими математическими методами, позволяющими вскрыть характер технико-экономических закономерностей и определить ориентировочные объемы финансирования ремонтно-обслуживающих работ. Объективность расчетов можно повысить учетом закономерностей технического состояния парка машин.

Рациональные сроки обновления парка машин и оборудования определяют размер потребности в их конкретных типах и объемах производства. Чем меньше степень удовлетворения потребности в машинах и возможность расширения объема их производства в машиностроении, тем более длительный срок выпуска и использования одной и той же модели. На эффективность новой модели большое влияние оказывает срок службы машин: чем дольше служит машина, тем меньше приходится на единицу продукции затрат по возмещению ее стоимости. В то же время, чем больше эффективность новой модели, тем существеннее могут быть темпы технического прогресса.

К основным определяющим факторам срока обновления для машин и оборудования животноводства следует отнести: амортизационный срок службы; потребность в технике; наличие и перспективы создания мощностей по производству машин и оборудования и ввода их в действие. С учетом этих факторов норматив срока обновления машин и оборудования животноводства будет численно равен сумме периода насыщения парка и морального старения модели:

$$T_n^0 = T_n + T_{mc}, \quad (9.1)$$

где  $T_n$  – норматив срока обновления, лет;  
 $T_n$  – период насыщения парка, лет;  
 $T_{mc}$  – срок морального старения, лет.

Для определения норматива срока обновления парка оборудования может быть использовано выражение:

$$T_n^o = \frac{N_n}{N_r} + \frac{T_n}{\frac{Q}{1-Q} \alpha + 1}, \quad (9.2)$$

где  $N_n$  – парк оборудования, физ. ед.;

$N_r$  – годовое производство машин, физ. ед./год;

$T_n$  – нормативный срок службы, лет;

$Q$  – удельный вес объема продукции, производимой парком новых машин, в долях единицы;

$\alpha$  – отношение основного базового значения из показателей качества новой и старой модели.

Для модернизируемого оборудования норматив срока обновления будет численно равен сроку морального износа:

$$T_n^m = T_{mc} = \frac{T_n}{\frac{Q}{1-Q} \cdot \alpha + 1}. \quad (9.3)$$

Максимальный срок обновления или модернизации машин и оборудования равен удвоенному значению их нормативного срока службы. Математическая модель технического сервиса парка машин и оборудования в течение срока его полного обновления учитывает особенности изменения затрат на единицу техники в течение срока ее службы. Для этого принято, что составные элементы машин имеют различную долговечность. Поэтому номенклатура заменяемых элементов и, соответственно, затраты на технический сервис растут по линейной зависимости. Если принять во внимание, что нормативный срок службы машин является оптимальным, то сумма годовых амортизационных отчислений и переменных затрат на их сервис имеют минимум:

$$C/T_n + bT_n \rightarrow \min, \quad (9.4)$$

где  $C$  – балансовая стоимость машины, руб.;

$b$  – темп нарастания затрат на сервис машин в течение срока службы.

Дифференцируя сумму и приравняв к нулю производную, получим:

$$b = C/T_n^2. \quad (9.5)$$

Техническое состояние машин зависит от периода эксплуатации парка. В первом периоде растет численность машин парка. После насыщения парка во втором периоде его численность стабилизируется. В третьем периоде постепенно машины списывают и заменяют новыми типами (моделями). Поэтому численность старых моделей снижается до нуля. Средний возраст машин в первом и втором периодах парка изменяется адекватно его численности, а в третьем – увеличивается.

Затраты на технический сервис соответствуют как численности, так и возрасту парка машин. Очевидно, что затраты на усредненную машину парка ( $Z$ ) определяются зависимостью, учитывающей количество машин  $n_i$  определенного ( $T_i$ ) срока эксплуатации и средний возраст машин  $T_0$ :

$$Z = \frac{bn_1T_1 + bn_2T_2 + \dots + bn_iT_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} = bT_0. \quad (9.6)$$

Потребность дифференцированных денежных средств на технический сервис машины выражается формулой:

$$Z = CT_0/T_n^2 \text{ или } Z/C = T_0/T_n^2. \quad (9.7)$$

Интегральные затраты ( $Z_n$ ) за планируемый период определяются интегрированием дифференциальных затрат и отображаются уравнением параболы:

$$Z_n = \int_0^{T_0} Z dT_0 = (C/T_n^2) T_0^2 / 2 = (C/2)(T_0/T_n)^2$$

$$\text{или } Z_n/C = (T_0/T_n)^2 / 2. \quad (9.8)$$

Величина затрат на устранение отказов в течение нормативного срока службы достигает половины стоимости машины. Потребность дифференцированных денежных средств на технический сервис парка ( $Z_n$ ) с учетом численности машин  $N$  определяется по формуле:

$$Z_n = N\bar{z} = NCT_0 / T_n^2. \quad (9.9)$$

Интегральные затраты ( $Z_n^u$ ) парка машин (как функция степени использования нормативного ресурса ( $T_0 / T_n$ ) за планируемый период) определяются (рисунок) параболической зависимостью:

$$Z_n^u = N(C/2)(T_0 / T_n)^2 / 2. \quad (9.10)$$

Динамика затрат парка машин на их технический сервис характеризуется тремя периодами. В первом и третьем периодах затраты увеличиваются. Во втором периоде значения показателей стабилизируются. В свою очередь, величина сервисных затрат отражает технический и организационный уровни эксплуатации машин. На рисунке приведены зависимости, характеризующие динамику обновления парка и сервисных затрат животноводческого оборудования.

Система машин для животноводства отражает состояние и перспективы развития технологий и средств механизации в области освоения новых разработок и продвижения их на внутренний и внешний рынок. Однако в перспективе нужна не замена оборудования на новое с прежними техническими характеристиками, а оснащение животноводческих комплексов и птицефабрик техническими средствами, обеспечивающими существенный рост производства, экономию топлива и материально-энергетических ресурсов, создание в отрасли оптимальных условий для реализации наиболее перспективных технологий и производства конкурентоспособной продукции.

*Примечание.* По зарубежной терминологии, система обеспечения технологий производства на инновационной основе формируется как инжиниринг.

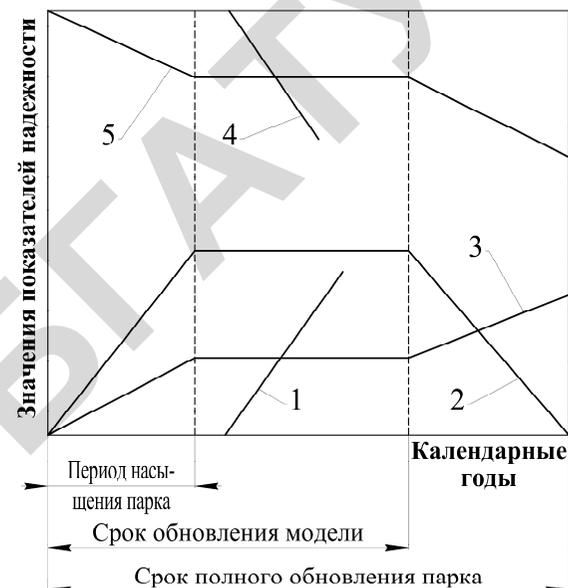


Рис. Динамика показателей надежности машин и оборудования:  
1 – затраты на устранение отказов машины (оборудования); 2 – численность парка;  
3 – средний возраст парка; 4 – коэффициент готовности машины (оборудования);  
5 – коэффициент готовности парка

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана перспективная система машин для реализации инновационных технологий производства продукции животноводства и птицеводства.

Наряду с оборудованием, находящимся на производстве, в систему машин включены технические средства нового поколения, позволяющие существенно повысить уровень механизации работ в отрасли животноводства и птицеводства. Так, для реализации технологии производства молока при беспривязном содержании КРС в систему машин включены ряд новых машин и оборудования, требующих разработки и освоения. Для механизации процесса беспривязного боксового содержания дойного стада наряду с применяемым оборудованием ОС-200(400) с системой водоснабжения, предусматривается разработка оборудования ОС-800 для комфортного содержания коров в помещениях с повышенной вместимостью.

Наряду с оборудованием УАВТ-60 для механизации процесса содержания и выпойки телят намечено применение комплекта оборудования для группового содержания телят ОСТ-25.

Для автоматизированного доения коров наряду с применяемым для этих целей оборудованием – УДМ (2×4–2×16), УДА-8Т и УДП-24 предусматривается внедрение доильных установок нового поколения – «Елочка» с быстрым выходом, «Параллель» (2×10–2×24), «Карусель» и доильного робота.

Для автоматизированного управления стадом наряду с применяемой системой СУС-1000 предусматривается разработка многофункционального унифицированного модуля управления доением для установок станочного типа и объединенной системы управления стадом с государственной системой зоотехнического и племенного учета.

Для охлаждения молока разработаны и освоены в производстве молокоохладительные установки на 3000, 5000, 8000 и 10 000 л. Установки УМ-3, УЗМ-5, УЗМ-8, УЗМ-10 комплектуются системой рекуперации тепла, позволяющей при охлаждении 1 т молока от +35 °С до +4 °С одновременно подогревать 400 л воды от +10 °С до +55 °С. Для обеспечения технологических нужд фермы будет разработана система рекуперации тепла охлаждаемого молока, позволяющая обеспечить подогрев не менее 2000 л воды в сутки, агрегируемая с установками емкостью более 8000 л и обеспечивающая повышение температуры воды, используемой для поения животных в зимнее время.

В целях обеспечения наивысшего качества продукции предполагается разработка системы охлаждения молока в потоке производительностью 2500 л/ч.

Для охлаждения молока на летних площадках при отгонном способе ведения животноводства будет разработан автономный передвижной охладитель со встроенным молочным танком на 3000 л.

Повышение уровня механизации и автоматизации процесса доения и освоение в производстве на предприятиях Республики Беларусь доильных роботов предполагает разработку и освоение отечественных систем охлаждения на базе танков-охладителей емкостью 16 тыс. л.

Для удаления бесподстилочного навоза на фермах с привязной технологией содержания применяются транспортеры типа ТСН-3Б,

ТСН-160, а на фермах с беспривязной (боксовой) технологией содержания – колесные тракторы с бульдозерами. Бульдозерное удаление навоза не позволяет автоматизировать этот процесс, завязать его в единую систему автоматизации технологических процессов АСУТП фермы, требует больших затрат труда и топлива, способствует накоплению навоза, ухудшает качество содержания животных и молочного сырья.

Удаление бесподстилочного навоза на фермах с беспривязной технологией содержания целесообразно осуществлять с помощью оборудования скреперного типа для автоматизированного удаления бесподстилочного навоза ОНС-1 и оборудования для удаления и транспортировки бесподстилочного навоза ОУН-1. Ширина и глубина продольных каналов при механических способах удаления навоза должны соответствовать размерам применяемых механических средств.

При беспривязно-боксовом содержании с удалением самосплавом, навоз, самотеком поступающий в навозосборник через центральный отводящий коллектор, рекомендуется перекачивать в навозохранилище насосами (НЖНВ-100 и АПН6-300).

Хранение бесподстилочного навоза осуществляется в хранилищах открытого типа. Для перекачки навоза из навозосборника в полевое хранилище целесообразно использовать установку насосную НУН-100, НУ-100-01.

Для механизации производственных процессов при выращивании и откорме крупного рогатого скота предусматривается разработка автоматизированной установки УАВТ-60 для приготовления заменителей молока, питательных смесей и выпаивания их телятам.

Для механизированной раздачи сенажа, силоса и сена скоту на откорме предусматривается применение тех же машин, что и для дойного стада: РСК-12, ИСПК-12, находящихся на производстве, а также подлежащих разработке и освоению в производстве ПРСК-12, СРК-10, ЗРП-12, ССР-12, РСТ-1, ИСПВ-12. Перспективным является разработка многофункционального роботизированного оборудования для приготовления кормосмесей.

Для механизации водоснабжения и поения скота, а также удаления навоза используются машины и оборудование, аналогичные применяемым на молочных фермах.

Для механизации процессов производства свинины в систему машин включен ряд недостающих машин и оборудования, требующих разработки и освоения. Так, для механизации процесса содержания свиней в секторе опороса, осеменения, ремонтных маток и откорма, наряду с уже применяемым оборудованием для этих целей – комплектами станочного оборудования СОП-1, СОС-1, СРМ и СО, будут созданы облучатель молодняка свиней ОПМС-150, применены коррозионно-стойкие стеклоэмалевые покрытия станочного оборудования, станочное оборудование с использованием ПВХ для содержания хряков и содержания ремонтных маток и поросят на доращивании.

Для обеспечения микроклимата в свиноводческих помещениях (наряду с применяемыми комплектами оборудования – КОМ-1, К-ПС и установкой очистки воздуха УОВС-10) разрабатываются вентиляционные устройства и средства регулирования воздушных потоков и тепло-влажностного режима в животноводческих и птицеводческих помещениях. Для механизации процессов кормления сухими кормами свиноголовья (наряду с применяемым для этих целей оборудованием – бункером БСК-15, транспортером ТСК-75, комплектом оборудования для свиноматок КОКС и кормушками КА-120) предусматривается разработка и освоение в производстве комплекта оборудования для автоматизированной раздачи сухих кормов при сложных трассах их транспортирования производительностью 0,9 т/ч. Для приготовления и раздачи влажных кормов свиньям (наряду с использованием установок УПК-1,5, смесителей СК-Ф-5,0 и САК-3,5 и насосной установки УНГ-100) запланирована разработка комплекта оборудования для автоматизированного приготовления и нормированной раздачи жидких кормосмесей свиньям. Для удаления навоза на свиноводческих фермах и комплексах с количеством свиноматок в станке от 800 до 1400 гол. предусмотрена разработка системы удаления навоза по трубам.

Технология производства яиц и мяса птицы предусматривает освоение комплекса новых машин и оборудования. Для вывода цыплят используются: предварительный инкубатор ИКП-30 и инкубатор выводной ИКП-30 вместимостью, соответственно, 30–36 тыс. и 15 тыс. яиц, а также автофургон типа АПЦ для перевозки яиц и птицы. Запланирована разработка комплекта клеточного оборудования по аналогу оборудования фирмы ZUCAMI.

Одной из главных задач, стоящих перед машиностроителями, производящими технические средства для механизации и автоматизации технологических процессов в животноводстве и птицеводстве, является достижение качества и надежности выпускаемой продукции уровня мировых стандартов. В их решении важное место занимает технический сервис, предоставляющий потребителям комплекс услуг по обеспечению машинами, оборудованием и приборами, эффективному использованию и поддержанию их в исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы. Указ Президента Республики Беларусь № 342 от 1 августа 2011 г.
2. Бабакин, Б. С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем : монография / Б. С. Бабакин. – Рязань : Узорочье.– 2003. – 470 с.
3. Дашков, В. Н. Диагностирование, техническое обслуживание, условия эффективной эксплуатации доильных установок / В. Н. Дашков, В. О. Китиков, Э. П. Сорокин. – Минск : УМЦ Минсельхозпрода, 2007. – 136 с.
4. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства : учебное пособие / А. В. Новиков, И. Н. Шило, В. Н. Кецко [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – 2-е изд. – Минск : БГАТУ, 2010.– 404 с.
5. Казаровец, Н. В. Современные технологии и технический сервис в животноводстве : монография / Н. В. Казаровец, В. П. Миклуш, М. В. Колончук. – Минск : БГАТУ, 2008. – 778 с.
6. Кожемяченко, А. В. Техника и технология ремонта бытовых холодильных приборов : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. В. Кожемяченко, С. П. Петросов ; под ред. И. В. Болгова. – М. : Академия, 2003. – 192 с.
7. Козорез, А. С. Повышение надежности погружных скважинных электронасосных агрегатов применением новых материалов и износостойких покрытий / А. С. Козорез, В. С. Ивашко, Т. А. Козорез. – Минск : Народная книга, 2008. – 308 с.
8. Колончук, М. В. Доильное и холодильное оборудование: особенности конструкций и технический сервис : пособие / М. В. Колончук, В. П. Миклуш, В. Г. Самосюк. – Минск : УМЦ Минсельхозпрода, 2006.– 342 с.
9. Котзаогланиан, П. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования / П. Котзаогланиан. – М. : Эдем, 2007. –832 с.
10. Полевой, А. А. Монтаж холодильных установок : учеб. пособие для вузов / А. А. Полевой. – СПб. : Политехника, 2005. – 259 с.
11. Миклуш, В. П. Организация технического сервиса в АПК : монография / В. П. Миклуш. – Минск : БГАТУ, 2004.– 290 с.
12. Техническое обеспечение процессов в животноводстве : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства» / Д. Ф. Кольга [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 576 с.
13. Науменко, О. А. Технічний сервіс машин у тваринництві : підручник / О. А. Науменко, В. Д. Войтюк, М. І. Денисенко [та ін.] : за ред. О. А. Науменко, В. Д. Войтюка. – Київ-Харків : НАУ (ХНТУСГ), 2007. – 281 с.
14. Липински, М. Влияние применения робота для доения коров на функционирование животноводческой фермы / М. Липински, Ф. Чарноцински, С. Винницки, В. Романюк // Научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие машинные технологии : сб. науч. трудов. – Т. 15. – Ч. 2. – Подольск : ГНУ ВНИИМЖ, 2005. – С. 77–86.
15. Доильный аппарат ASTRONAUT A4 : [Электронный ресурс] / Электронное руководство для оператора. Компания Lely / сайт производителя. Электрон. текстовые дан. – URL: [http://www.Lely.com/uploads/unzipped/Lely\\_Astronaut\\_A4\\_RU\\_2011-01-19/undex.htm#35421](http://www.Lely.com/uploads/unzipped/Lely_Astronaut_A4_RU_2011-01-19/undex.htm#35421). – Дата обращения: 12.01.2013.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Репозиторий БГАТУ

**Периодичность технического обслуживания  
основных групп машин и оборудования животноводческих  
и птицеводческих ферм**

Оборудование (по группам)	Периодичность технического обслуживания, календарные сроки (ч) <sup>1</sup>			
	ЕТО	ТО-1	ТО-2	При хранении
1	2	3	4	5
<i>Оборудование для водоснабжения и поения:</i> водоподъемные установки	+	1 раз в мес. (120)	2 раза в год (720)	-
водонагреватели	+	1 раз в мес. (240)	-	-
автопоилки, водозапорная и регулирующая арматура	+	1 раз в мес.	-	-
<i>Оборудование для транспортирования и раздачи кормов:</i> стационарные кормораздатчики и транспортеры-загрузчики	+	1 раз в мес. (120)	1 раз в год (1440)	+
мобильные кормораздатчики и погрузочные механизмы	+	1 раз в мес. (120)	2 раза в год (720)	+
<i>Доильные машины и оборудование для первичной обработки молока:</i> доильные установки	+	1 раз в мес. (180)	1 раз в год (2160)	-
холодильные установки	+	1 раз в мес. (240)	-	+
оборудование для первичной обработки молока	+	1 раз в мес. (240)	-	+
<i>Оборудование для уборки и переработки навоза:</i> транспортные и скреперные установки	+	1 раз в мес. (120)	-	+

1	2	3	4	5
установки пневмогидроудаления навоза	+	1 раз в мес. (120)	1 раз в год (1440)	+
оборудование для переработки навоза	+	1 раз в мес. (120)	2 раза в год (720)	+
<i>Оборудование микроклимата:</i> тепловентиляционные установки	+	1 раз в мес.	-	+
котлы-парообразователи, теплогенераторы и калориферы	+	1 раз в мес. (120)	2 раза в год (720)	+
<i>Оборудование для стригальных пунктов:</i> стригальные аппараты	+	1 раз в мес. (60)	-	+
оборудование для первичной обработки шерсти	+	1 раз в мес. (120)	-	+
<i>Оборудование для птицефабрик и птицеферм:</i> для выращивания молодняка (1–60 дн., 61–120 дн.)	+	1 раз в 2–3 мес. (240)	2 раза в год (720)	-
выращивания молодняка (1–120 дн.)	+	1 раз в 4–5 мес. (480)	1 раз в 9 месяцев (950)	-
содержания кур-несушек и родительского стада (121–540 дн.)	+	1 раз в 3 мес. (360)	1 раз в год (1440)	-
машины для первичной обработки продукции птицеводства	+	1 раз в 2 мес. (240)	1 раз в год (1440)	-
инкубатория	+	1 раз в мес. (500–720)	-	+
ветеринарно-санитарное оборудование по уходу за животными и птицей	+	1 раз в мес.	-	+
<i>Оборудование кормоприготовления:</i> дробилки и измельчители кормов	+	1 раз в мес. (120)	-	+

1	2	3	4	5
смесители и запарники кормов	+	1 раз в мес. (120)	2 раза в год (720)	+
Оборудование для приготовления витаминизированных брикетированных кормов и кормов с карбамидными добавками	+	1 раз в мес.	–	+
Оборудование для накопления кормов и механизации хранилищ	+	1 раз в мес. (120)	1 раз в год (1440)	+
Центробежные насосы	+	1 раз в мес.	1 раз в год	–

**Примечания:**

1. В скобках указана минимальная наработка машин и оборудования в часах.
2. Знак плюс (+) означает необходимость данного вида технического обслуживания; знак минус (–) – данный вид технического обслуживания не проводится.
3. Техническое обслуживание оборудования птицеферм проводится с учетом высадки или пересадки очередной партии птицы.

### Примеры тестовых заданий для контроля знаний студентов

1. Ремонтно-обслуживающая база в сельском хозяйстве представляет собой структуру:

- 1) одноуровневую,
- 2) двухуровневую,
- 3) трехуровневую,
- 4) четырехуровневую,
- 5) пятиуровневую.

2. Технический сервис – это:

- 1) техническое обслуживание и ремонт машин и оборудования;
- 2) продажа и предпродажная подготовка машин и оборудования;
- 3) материально-техническое обеспечение потребителей;
- 4) комплекс услуг по обеспечению потребителей техническими средствами, эффективному использованию и поддержанию их в исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации;
- 5) услуги по технической эксплуатации и оборудования.

3. В сельском хозяйстве используются стратегии технического обслуживания и ремонта:

- 1) по потребности после отказа;
- 2) планово-предупредительная;
- 3) регламентированная, в зависимости от наработки или расхода топлива;
- 4) по состоянию, с периодическим или непрерывным контролем;
- 5) по состоянию, с непрерывным контролем;
- 6) по состоянию, с регламентированным контролем.

4. К ежемесенному техническому обслуживанию (ЕТО) машин и оборудования относятся следующие основные мероприятия:

- 1) внешний осмотр, проверка крепления, наличие защитных устройств;
- 2) замена масла, технические регулировки;

- 3) разборка агрегатов (узлов), ремонт агрегатов (узлов),
- 4) проверка технологических параметров.

5. В периодическое техническое обслуживание машин и оборудования (ТО-1) входят следующие мероприятия:

- 1) замена масла, технические регулировки;
- 2) разборка агрегатов (узлов);
- 3) ремонт агрегатов (узлов).

6. В периодическое техническое обслуживание машин и оборудования (ТО-2) входят следующие мероприятия:

- 1) разборка узлов (агрегатов), ремонт, проверка технологических параметров, технологические регулировки;
- 2) замена масла, технические регулировки;
- 3) ремонт узлов (агрегатов).

7. Требуемая степень измельчения продукта в дробилке обеспечивается:

- 1) изменением количества молотков;
- 2) изменением скорости вращения;
- 3) заменой сменных решет;
- 4) изменением интенсивности подачи материала;
- 5) предварительной обработкой материала.

8. Степень сжатия материала вальцами питающего механизма соломосилосорезки РСБ-3,5 регулируется:

- 1) изменением диаметра валцов;
- 2) заменой звездочек;
- 3) изменением натяжения пружины.

9. Толщина лезвия измельчителя корнеклубнеплодов должна быть:

- 1) 0,1 мм;
- 2) 0,2 мм;
- 3) 0,3 мм;
- 4) 0,4 мм;
- 5) 0,5 мм.

10. Для защиты от поломок измельчителя-смесителя кормов ИСК-3 в случае попадания в рабочую камеру посторонних включений предусмотрено:

- 1) наличие срезных штифтов на приводном шкиве ротора;
- 2) пробуксовывание центробежной муфты на ведущем валу электродвигателя;
- 3) шарнирно-пружинное крепление противорезов, позволяющее им отклоняться и пропускать посторонние предметы;
- 4) установка автомата отключения электропитания, срабатывающего при заклинивании ротора;
- 5) отклонение ножей, шарнирно установленных на роторе.

11. Угол заточки прямого ножа измельчителей корнеклубнеплодов должен быть:

- 1) 18–25 градусов;
- 2) 35 градусов;
- 3) 45–55 градусов.

12. Требуемая частота пульсаций пульсатора доильного аппарата обеспечивается:

- 1) изменением количества вакуумных насосов;
- 2) изменением скорости вращения ротора вакуумного насоса;
- 3) заменой пульсаторов;
- 4) регулировкой поперечного сечения дросселирующего канала;
- 5) изменением количества применяемых доильных аппаратов.

13. Величина вакуума в системе доильной установки регулируется:

- 1) изменением частоты вращения ротора насоса;
- 2) изменением числа задействованных доильных аппаратов;
- 3) напуском резервного воздуха.

14. Номинальный расход масла пластинчатым вакуумным насосом составляет, г/ч:

- 1) 20;
- 2) 30;
- 3) 40;
- 4) 50;
- 5) 60.

15. Рабочее вакуумметрическое давление при доении коров составляет, кПа:

- 1) 46;
- 2) 48;
- 3) 50;
- 4) 70.

16. Расход масла вакуумным насосом регулируется:

- 1) высотой уровня;
- 2) числом нитей;
- 3) величиной вакуума;
- 4) чистотой фитилей.

17. Для смазки пластинчатого вакуумного насоса зимой используется масло:

- 1) И12А;
- 2) ДС11;
- 3) ДС8;
- 4) И20.

18. Очистка вакуумпровода от грязи производится:

- 1) ежемесячно;
- 2) раз в год;
- 3) 2 раза в год.

19. Для промывки доильной установки используется моющее средство:

- 1) порошок «Дезмол»;
- 2) порошок А;
- 3) порошок Б;
- 4) порошок В.

20. Периодичность дезинфекции деталей очистителя охладителя зимой составляет:

- 1) один раз в день;
- 2) один раз в 3–4 дня;
- 3) один раз в неделю;
- 4) один раз в месяц;
- 5) один раз в год.

21. Молочный камень с теплообменных пластин пастеризационно-охлаждающих установок ОПФ-1-300 удаляют:

- 1) ножами;
- 2) скребками;
- 3) 2%-м раствором азотной кислоты;
- 4) 3%-м раствором соляной кислоты.

22. Частота пульсаций пульсатора при оптимальной величине вакуума в системе составляет, пульсов в минуту:

- 1) 45,
- 2) 55,
- 3) 65,
- 4) 75.

23. Для изменения вакуума в доильной установке и его стабилизации используют:

- 1) вакуумметр,
- 2) вакуум-регулятор,
- 3) вакуум-баллон,
- 4) пульсатор доильного аппарата,
- 5) коллектор доильного аппарата.

24. Из перечисленных факторов в наибольшей степени на производительность сепаратора-сливкоотделителя влияет:

- 1) частота вращения барабана;
- 2) диаметр барабана;
- 3) количество тарелок в барабане;
- 4) величина межтарелочного пространства;
- 5) угол наклона тарелок к горизонту.

25. Опасность влажного хода и гидравлических ударов в компрессоре возникает:

- 1) при запуске (особенно зимой);
- 2) изменении тепловой нагрузки;
- 3) оттайке;
- 4) перезаправке установки хладагентом;
- 5) неправильной регулировке перегрева на терморегулирующем вентиле.

26. Признаками влажного хода в компрессоре являются:

- 1) уменьшение перегрева на всасывании;
- 2) повышение температуры нагнетания;
- 3) появление инея на картере;
- 4) стуки в цилиндрах;
- 5) повышенная вибрация компрессора.

27. Основные способы защиты холодильной установки от гидравлических ударов:

- 1) применение вибродатчика;
- 2) использование отделителя жидкости;
- 3) регулировка терморегулирующего вентиля;
- 4) дозаправка хладагентом;
- 5) очистка испарителя.

28. Натяжение горизонтальной цепи навозоборочного транспортера ТСН-160 регулируется:

- 1) грузом массой 100–120 кг на кронштейне;
- 2) изменением длины цепи;
- 3) перемещением приводной станции;
- 4) величиной сжатия демпферной пружины.

29. Качество заточки режущей пары стригальных машинок МСО-77Б и МСУ-200 определяют:

- 1) по толщине ножа;
- 2) толщине гребенки;
- 3) величине царапины на стекле;
- 4) зазору между лекальной линейкой и ножом.

30. В состав ротационного вакуумного насоса доильной установки входят детали:

- 1) ротор,
- 2) крышки,
- 3) текстолитовые пластины,
- 4) корпус.

### Примеры творческих инженерных задач

1. У детали 1 центр тяжести смещен. При транспортировке детали попадают на лоток 2, где они должны быть ориентированы центром тяжести вниз (рис. П.1). Предложите устройство, осуществляющее такую ориентацию (без применения механической ориентации детали).



Рис. П.1

2. По наклонному лотку 1 периодически скатываются заготовки, которые затем подаются штоком 2 гидроцилиндра в вертикальный канал 3 (рис. П.2). По условиям технологии, заготовки из вертикального канала должны попасть в бункер-накопитель 4. Предложите простейшее устройство для выполнения заданной операции, имея в виду, что ход штока 2 значительно меньше (в 20–30 раз) высоты расположения бункера над лотком.

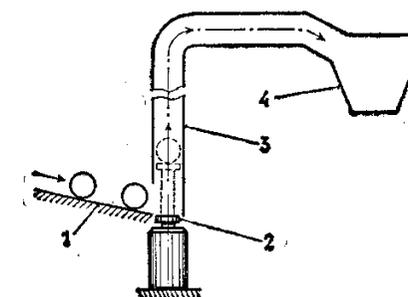


Рис. П.2

3. Нож *1* должен совершать планетарное движение вокруг оси *O* вместе с противовесом *2* и вращательное вокруг собственной оси. Сконструируйте для такого механизма простейший привод без проскальзывания (рис. П.3).

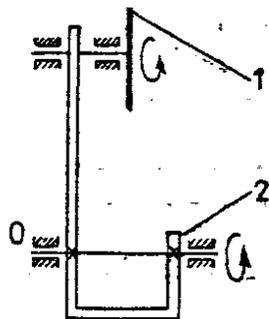


Рис. П.3

4. При внесении консервантов использованы сферические насадки с большим числом одинаковых отверстий (рис. П.4). Как должно зависеть от угла  $\alpha$  число отверстий, приходящихся на единицу площади, чтобы поле вокруг насадки поливалось равномерно? Считать, что насадка расположена на уровне земли и ее размер мал по сравнению с размером поливаемого круга. Угол конуса насадки равен  $90^\circ$ .

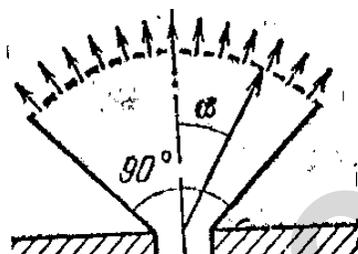


Рис. П.4

5. Силу сопротивления жидкого корма, действующую на лопасть смесителя, движущуюся со скоростью  $\mathcal{V}$ , определяют по формуле  $F = kS\mathcal{V}^2$  (где  $S$  – площадь лобового сопротивления;  $k$  – коэффициент

обтекаемости корма). Поясните, почему сила  $F$  пропорциональна  $S$  и  $\mathcal{V}^2$ ?

6. Нож (однородный стержень измельчителя кормов), длина которого –  $l$ , а масса –  $m$ , вращается с угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости вокруг оси, проходящей через его конец. В каком сечении ножа может произойти разрыв?

7. В процессе работы в свинарнике поломки осей экспериментальных передвижных кормораздатчиков (рис. П.5) типа КС-1,5 и РС-5А происходили при нагрузках значительно более низких, чем статические разрушающие нагрузки. В чем причина?

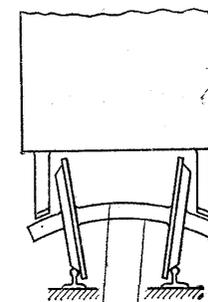


Рис. П.5

8. Колесо мобильного кормораздатчика (рис. П.6) устроено следующим образом: на металлический обод колеса надевается резиновая камера, заключенная в покрывку. Камера затем накачивается воздухом. Давление воздуха в нижней и верхней частях камеры одинаковое. Кроме давления воздуха, на обод действует сила тяжести. Почему обод не опускается вниз? Что его удерживает в состоянии равновесия?

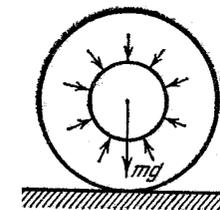


Рис. П.6

9. Оцените работоспособность ремонтных комплектов, состоящих из звездочек и вала (рис. П.7, а, б).

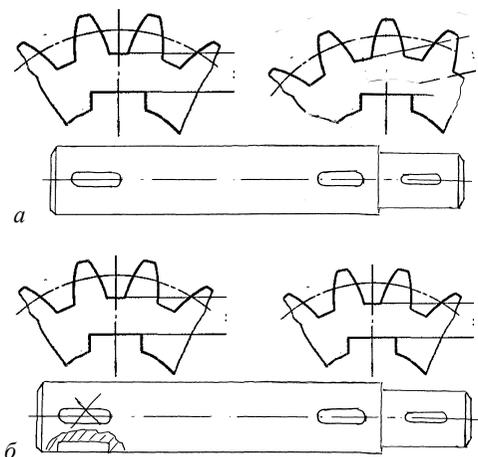


Рис. П.7

10. Приводы двух прицепных кормораздатчиков соединены с валами отбора мощности трактора карданными передачами со шлицевыми соединениями. Как видно из рис. П.8, плоскости крестовин могут совпадать (а) или не совпадать (б). Какая из схем работоспособнее?

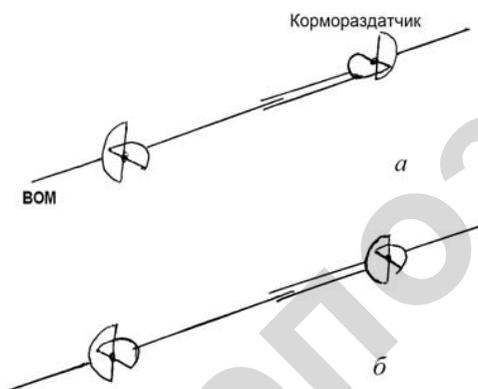


Рис. П.8

11. На рис. П.9 изображена принципиальная схема механизма, в котором имеется цилиндрический сосуд 1 для жидкости, поршень 2 и патрубки 3 и 4. Предложите конструкцию бесклапанного устройства, позволяющего перекачивать жидкость из патрубка 4 в патрубок 3.

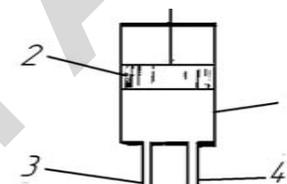


Рис. П.9

12. Рационализаторы сконструировали простую вакуумную автопоилку (рис. П.10). Она состоит из бака 1 и корыта 4, сообщающегося с баком посредством трубок 2 и 3. После заправки водой бак герметически закрывают пробкой. Благодаря такому устройству уровень воды в корыте остается неизменным. Объясните, как это достигается?

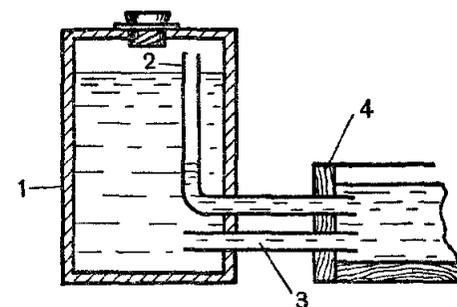


Рис. П.10

13. Автопоилка в птичнике подвешена на блоках, с помощью которых ее можно поднимать при уборке (рис. П.11). Какие это блоки: подвижные или неподвижные? Нарушается ли горизонтальность поилки при ее поднятии или опускании?

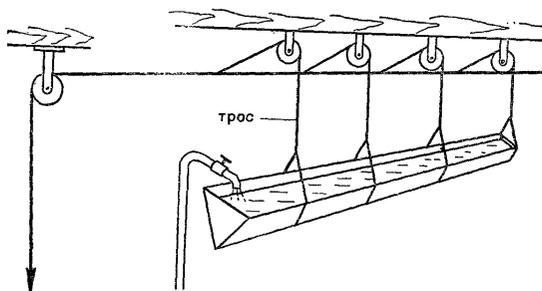


Рис. П.11

14. Почему водопроводные трубы иногда разрываются зимой? Если вода всего лишь намерзает на внутренние стенки трубы, то труба не испытывает большой нагрузки и, казалось бы, разрываться не должна. Кроме того, труба обычно разрывается не там, где намерзает лед. В чем же причина разрыва труб? Справедливо ли утверждение о том, что трубы с горячей водой разрываются чаще, чем с холодной?

15. Почему рабочие ветви вакуумных трубопроводов монтируют стальными трубами, а не пластмассовыми, а магистральные трубопроводы – наоборот?

16. По горизонтальной трубе с помощью насоса перекачивается вода. Во сколько раз нужно увеличить мощность насоса, чтобы за то же время количество перекачиваемой жидкости возросло в  $n$  раз? Трение не учитывать.

17. На рис. П.12 изображены графики зависимости логарифма относительного изменения давления от времени для насосов 1 и 2. Какой из этих насосов качает быстрее? И какой создает лучший вакуум?

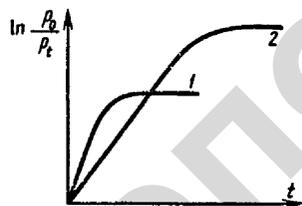


Рис. П.12

18. Шкив вакуумного насоса с одной белой полосой приводится во вращение и освещается лампой пульсирующего света (стробоскопом). В свете лампы видны три полосы, расположенные под углом  $120^\circ$ . Найти по наблюдаемой картине угловую скорость вращения диска при известной частоте пульсации лампы.

19. Оцените работоспособность приведенных на рис. П.13 схем доильного аппарата АДУ-03.

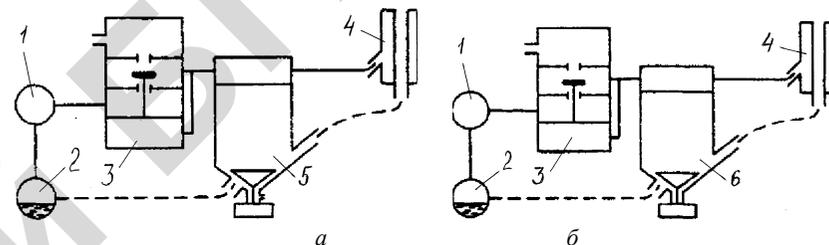


Рис. П.13. Схемы АДУ-03:

1 – вакуумный трубопровод; 2 – молочный трубопровод; 3 – пульсатор;  
4 – доильный стакан; 5 – крышка коллектора с прорезью под седлом клапана;  
6 – крышка коллектора без прорези под седлом клапана

20. В горизонтальном пазу ротора вакуумного насоса лежит текстолитовая пластина. Ротор медленно поворачивают. Начертить график зависимости силы трения  $F_{тр}$  от угла  $\alpha$ , который паз образует с горизонтом. Масса пластины –  $m$ , коэффициент трения между пластиной и пазом –  $\mu$ .

21. На каком из рисунков (рис. П.14 а, б) коническое соединение шкива и вала насоса выполнено правильно?

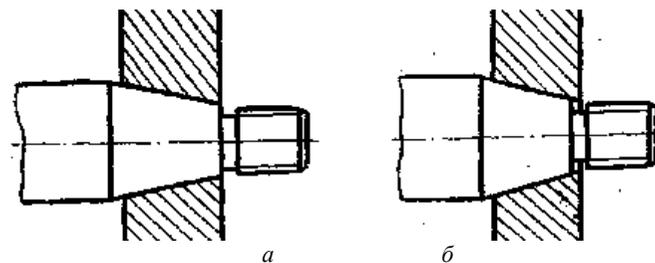


Рис. П.14

22. Какова должна быть конструкция ленточного транспортера, чтобы при постоянной длине его ленты длину самого транспортера можно было бы изменять?

23. Котел запарника состоит из цилиндрической части и двух полусферических днищ (рис. П.15). Радиусы цилиндрической части котла и обоих днищ одинаковы. Толщина стенки цилиндрической части – 0,5 см. Все части котла сделаны из одного материала. Какой толщины должны быть стенки днищ, чтобы прочность всех частей котла была одинакова?



Рис. П.15

24. Корпус котла изготовлен слоеным – из листов двух различных металлов. Теплоемкость металла  $A$  вдвое больше теплоемкости металла  $B$  (рис. П.16), но теплопроводность  $A$  вдвое меньше теплопроводности  $B$ . Одна из поверхностей охлаждается, а другая – нагревается так, что на каждой стороне поддерживается постоянная температура. Будет ли общее количество теплоты, протекающее через корпус, зависеть от того, какая из поверхностей ( $A$  или  $B$ ) нагревается и какая охлаждается?

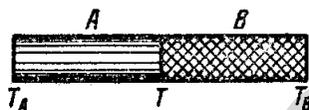


Рис. П.16

25. Спроектирован температурный регулятор термостата, в котором в качестве чувствительного элемента была применена биметаллическая пластинка (рис. П.17). При повышении температуры пластинка, по замыслу конструктора, начинает изгибаться. Когда

температура достигает заданной величины, контакт  $A$  замкнется и сработает командное реле, регулирующее нагрев термостата. Будет ли работать подобная система?

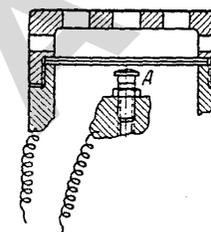


Рис. П.17

26. Два ремонтника монтируют термовентили с внешним выравниванием. Один из ремонтников впаял уравнительную трубку перед термобаллоном, а другой – после термобаллона. Равнозначны ли по своей эффективности монтажные решения?

27. Ремонтник, монтируя термовентиль с внешним выравниванием, впаял уравнительную трубку перед испарителем. Эффективно ли такое монтажное решение?

28. Движение хладагента и масла в холодильном контуре можно представить в виде двух замкнутых кругов, причем хладагент меняет свое агрегатное состояние, переходя из пара в жидкость и обратно, а масло всегда остается в жидком состоянии. Можно ли избежать залегания масла в трубопроводах?

29. Можно ли выдоить корову доильным аппаратом с неисправным пульсатором?

30. Ремонтник узнал о трех изобретениях: применение первого из них обещало экономию топлива 30 %, второе – позволяло надеяться на 25 %, а от внедрения в практику третьего – ожидали 45 % экономии. Специалист принял решение сконструировать такую машину, в которой бы применялись сразу все три изобретения, рассчитывая сэкономить 100 % топлива. Насколько обоснованны надежды «изобретателя»?

## Виды эксплуатационных документов

Документ	Определение
Руководство по эксплуатации	Содержит сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частях; указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования) и оценок его технического состояния при определении необходимости отправки его в ремонт, а также сведения по утилизации изделия и его составных частей
Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия	Содержит сведения, необходимые для монтажа, наладки, пуска, регулирования, обкатки и сдачи изделия и его составных частей в эксплуатацию на месте его применения
Формуляр	Содержит сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения, отражающие его техническое состояние, сведения о сертификации и утилизации изделия, а также те из них, которые вносят в период эксплуатации изделия (длительность и условия работы, техническое обслуживание, ремонт и др. данные)
Паспорт	Содержит сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделий
Этикетка	Содержит гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения о его сертификации
Каталог деталей и сборочных единиц	Содержит перечень деталей и сборочных единиц изделия с иллюстрациями и сведения об их числе, расположении в изделии, взаимозаменяемости, конструктивных особенностях и материалах
Нормы расхода запасных частей	Содержат номенклатуру запасных частей изделия и их число, расходуемое на нормируемое число изделий за период их эксплуатации

Документ	Определение
Нормы расхода материалов	Содержат номенклатуру материалов и их количество, расходуемое на нормированное число изделий за период их эксплуатации
Ведомость комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП)	Содержит номенклатуру, назначение, число и места укладки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, расходуемых за срок службы изделия
Сервисная книжка	Содержат сведения об учете наработки и проведения технического обслуживания, сведения о ремонте изделия
Ведомость эксплуатационных документов	Устанавливает комплект эксплуатационных документов и места укладки документов, поставляемых с изделием или отдельно от него

**Виды ремонтных документов**

Документ	Определение
Руководство по ремонту	Содержит указания по организации ремонта, правила и порядок выполнения капитального ремонта (среднего), контроля, регулирования, испытаний, консервации, транспортирования и хранения изделия после ремонта, монтажа и испытания изделия на объекте, значения показателей и нормы, которым должно удовлетворять изделие после ремонта
Общее руководство по ремонту	Содержит указания по организации ремонта определенной группы однотипных изделий, правила и порядок подготовки и проведения ремонта, значения показателей и нормы, которым должны удовлетворять изделия после ремонта, правила и порядок испытаний, консервации, транспортирования и хранения изделий после ремонта
Технические условия на ремонт	Содержит технические требования, требования к дефектации изделия, значения показателей и нормы, которым должно удовлетворять изделие после ремонта, требования к приемке, контрольным испытаниям, комплектации, упаковыванию, транспортированию и хранению изделия после ремонта, гарантийные обязательства
Общие технические условия на ремонт	Содержат общие технические требования к ремонту определенной группы однотипных изделий, требования к дефектации, значения показателей и нормы, которым должны удовлетворять изделия после ремонта
Чертежи ремонтные	Чертежи, спецификации, схемы содержат данные для подготовки ремонтного производства, ремонта и контроля изделия после ремонта. Чертежи, как правило, содержат только те изображения изделия, размеры, предельные отклонения размеров, составные части изделия, части и элементы схемы и дополнительные данные, которые необходимы для проведения ремонта и контроля изделия при выполнении ремонта и после него
Нормы расхода запасных частей на ремонт	Содержат номенклатуру запасных частей изделия и их число, необходимое для подготовки ремонтного производства нормируемого числа изделий, ремонта изделия и его контроля при выполнении ремонта и после него

Нормы расхода материалов на ремонт	Содержат номенклатуру материалов и их число, необходимое для подготовки ремонтного производства нормируемого числа изделий, ремонта изделия и его контроля при выполнении ремонта и после него
Ведомость ЗИП на ремонт	Содержит номенклатуру, назначение, число и место укладки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, необходимых для обеспечения ремонта
Техническая документация на средства оснащения ремонта	Содержит информацию для изготовления, испытания и приемки ремонтно-технологического и имитационно-стендового оснащения ремонта. В состав документации включают рабочую конструкторскую документацию на изготовление, испытания и приемку (при необходимости), эксплуатационные документы, технические условия (при необходимости)
Ведомость документов для ремонта	Устанавливает комплект конструкторских документов, необходимый для проведения ремонта изделия, его контроля при ремонте и после него

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

**Миклуш Владимир Петрович, Казаровец Николай Владимирович,  
Лабушев Николай Аксенович и др.**

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ  
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

*Учебное пособие*

Ответственный за выпуск *В. П. Миклуш*  
Редактор *Т. В. Каркоцкая*  
Компьютерная верстка *Д. О. Сенькевич, В. А. Гошко*

Подписано в печать 12.04.2013. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 26,04. Уч.-изд. л. 20,36. Тираж 300 экз. Заказ 334.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.  
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.