

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*Издание посвящено 55-летию
образования Белорусского
государственного аграрного
технического университета*

Н.В. КАЗАРОВЕЦ, В.П. МИКЛУШ, М.В. КОЛОНЧУК

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Монография

Минск 2008

Казаровец, Н.В. Современные технологии и технический сервис в животноводстве : монография / Н. В. Казаровец, В. П. Миклуш, М.В. Колончук – Минск : БГАТУ, 2008. – 788 с. : ил. – ISBN 978-985- 519-030-2

Рассматриваются технологии выращивания и содержания крупного рогатого скота, свиней, овец и птицы. Изложены особенности конструкций и проектирования оборудования для обеспечения современных технологий производства продукции животноводства. Описаны методы и стратегии обеспечения работоспособности, материально-техническая база технического сервиса, технологии монтажных и пусконаладочных работ, диагностирования, технического обслуживания и ремонта оборудования.

Для научных и инженерных работников, занимающихся вопросами технологий и технического обеспечения процессов производства продукции животноводства, сервиса машин и оборудования, слушателей факультетов повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, преподавателей и студентов высших и средних специальных учреждений образования.

Табл. 87. Ил. 501. Библиогр. : 142 назв.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **В. Н. Дашков** (Институт повышения квалификации и переподготовки кадров АПК УО БГАТУ)

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **В. Н. Тимошенко** (РУП «Научно-практический центр по животноводству» НАН Беларуси)

кандидат технических наук, старший научный сотрудник **Э.П. Сорокин** (РУП «Научно-практический центр по механизации сельского хозяйства» НАН Беларуси)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТ- НОВОДСТВА.....	8
1.1 Технология производства молока и говядины.....	8
1.1.1 Хозяйственно-биологические особенности крупного рого- того скота.....	8
1.1.2 Способы содержания крупного рогатого скота разных по- ловозрастных групп.....	11
1.1.3 Фермы и комплексы по производству молока и говядины.....	22
1.2 Технология производства свинины.....	29
1.2.1 Хозяйственно-биологические особенности свиней.....	29
1.2.2 Способы содержания и выращивания свинополовья раз- ных половозрастных групп.....	33
1.2.3 Фермы и комплексы по производству свинины, условия содержания свинополовья.....	45
1.3 Технология производства овцеводческой продукции.....	51
1.3.1 Хозяйственно-биологические особенности овец.....	51
1.3.2 Способы содержания и выращивания овец разных поло- возрастных групп.....	54
1.3.3 Фермы и комплексы по производству овцеводческой про- дукции, условия содержания овец.....	59
1.4 Технология производства яиц и мяса птицы.....	65
1.4.1 Хозяйственно-биологические особенности птицы.....	65
1.4.2 Способы содержания и выращивания птицы разных поло- возрастных групп.....	67
1.4.3 Фермы и комплексы по производству птицеводческой продукции, условия содержания птицы.....	74
2 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА.....	79
2.1 Кормоприготовительное оборудование.....	79
2.2 Оборудование для раздачи кормов.....	107
2.3 Оборудование для доения коров и первичной обра- ботки молока.....	128
2.3.1 Доильные установки.....	128
2.3.2 Холодильные установки.....	198
2.4 Оборудование для удаления навоза.....	232
2.5 Оборудование овцеводческих ферм.....	250
2.6 Оборудование птицефабрик.....	272

3 ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ.....	285
3.1 Теоретические и методологические основы развития технического сервиса оборудования.....	285
3.1.1 Объективные предпосылки развития технического сервиса в условиях рынка.....	285
3.1.2 Организационно-технические основы технического сервиса.....	294
3.2 Организация и технология монтажных и пусконаладочных работ.....	329
3.2.1 Теоретические основы монтажепригодности оборудования.....	329
3.2.2 Особенности монтажа оборудования кормоцехов.....	338
3.2.3 Особенности монтажа доильного оборудования.....	396
3.2.4 Особенности монтажа холодильного оборудования.....	400
3.2.5 Особенности монтажа оборудования птицефабрик.....	407
3.3 Техническое обслуживание и ремонт машин и оборудования.....	413
3.3.1 Кормоприготовительное оборудование.....	413
3.3.2 Раздатчики кормов.....	437
3.3.3 Доильные установки.....	467
3.3.4 Холодильные установки.....	593
3.3.5 Оборудование для удаления навоза.....	729
3.3.6 Стригальные машинки.....	747
3.3.7 Оборудование птицефабрик.....	762
Заключение.....	770
Литература.....	773

ВВЕДЕНИЕ

Аграрная политика государства в отрасли животноводства ориентирует производителей и потребителей животноводческой продукции на высокие наукоемкие технологии и отечественные экологически чистые продукты питания. Республика Беларусь уже заявила о себе как крупный и перспективный экспортер молока и молочных продуктов.

При этом государство, обладая ресурсными возможностями экстенсивного пастбищного скотоводства и значительного сокращения использования минеральных удобрений, пестицидов и гербицидов в растениеводстве, может удовлетворить новый развивающийся сегмент мирового продовольственного рынка «натурализованных продуктов», не предусматривающих при производстве генно-инженерных технологий.

Государственной программой возрождения и развития села предусмотрена ускоренная интенсификация отрасли животноводства, основанной на инновационных технологиях, которые в свою очередь требуют постоянного пополнения знаний о достижениях отрасли.

В ближайшие годы за счет реконструкции животноводческих комплексов и птицефабрик на предприятиях промышленного животноводства будет сосредоточено до 90% валового производства свинины, 30% говядины и весь объем птицы. При этом главной целью развития отрасли является полное обеспечение внутреннего рынка продовольственной продукцией отечественного производства и создания высокого экспортного потенциала.

Реализация ее требует создания конкурентоспособных пород скота и птицы, внедрения эффективных технологий, машин и оборудования, подготовки высококвалифицированных кадров. Применение современных технологий позволяет в короткие сроки не только увеличить объемы отечественного производства продукции животноводства, но и снизить ее себестоимость.

В настоящее время сельскохозяйственная наука предлагает широкий выбор различных высокоэффективных технологий производства продукции животноводства, однако важнейшим фактором, определяющим возможности использования тех или иных технологических решений, является наличие финансовых ресурсов у сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Основная задача инвестиционной политики в животноводстве – реконструкция и техническое перевооружение уже имеющихся животноводческих комплексов и строительство новых современных предприятий по производству животноводческой продукции на промышленной основе.

Вложение финансовых средств за счет внутренних и внешних инвесторов позволит провести реконструкцию и техническое перевооружение всех животноводческих комплексов и ферм, укрепить кормовую базу, улучшить селекционно-племенную работу и воспроизводство стада тем самым значительно увеличить производство животноводческой продукции.

Высокоразвитое животноводство является основой обеспечения продовольственной безопасности страны. Необходимо производить и продавать свою продукцию, конкурентоспособную как по цене, так и по качеству. Добиться этого можно за счет широкого и активного внедрения в сельскохозяйственное производство научно обоснованных, современных ресурсосберегающих технологий. Именно связь наука–технология–практика позволит животноводству устойчиво развиваться.

Техническая и технологическая модернизация животноводства осуществляется на основе обновления парка машин и оборудования путем приобретения сельскохозяйственными товаропроизводителями новой высокотехнологичной техники, требующей особого внимания для обеспечения требуемого уровня технической надежности машин и качества выполняемого технологического процесса. Так техническая база молочного животноводства базируется на автоматизированных доильных установках, созданных на новой технической основе с элементами точного, прецизионного ведения животноводства, с оборудованием для точного скармливания комбикормов и полнорационных кормосмесей; с автоматизированными холодильными установками, обеспечивающими повышение качества молока.

Высокий уровень сложности машин и оборудования в животноводстве, требования к качеству выполняемых ими технологических процессов обуславливают необходимость разработки эффективной стратегии их эксплуатации на основе адаптированного к конкретным условиям технического регламента. При этом предусматривается непрерывный контроль технического состояния машин и оборудования с использованием средств технической диагностики.

В настоящее время на рынках дальнего и ближнего зарубежья появилось специальное оборудование и аппаратура для диагностики отказов, проверки качества работы отремонтированной техники. При определении дефектов используется портативная диагностическая аппаратура, а при выполнении ремонта – еще и малогабаритное оборудование.

Применение современных диагностических и измерительных приборов, предназначенных для сервисного обслуживания оборудования животноводческих ферм и комплексов, позволяет повысить качество их ремонта и с большой точностью диагностировать причины отказов при эксплуатации.

При написании монографии обобщен передовой отечественный и зарубежный опыт в области технологий производства продукции животноводств, технического обеспечения процессов, обеспечения надежности, используемых средств механизации и автоматизации.

Прогрессивные технологии производства продукции приведены с позиций хозяйственно-биологических особенностей животных, способов их содержания, систем машин, форм и методов организации труда, при устойчивой кормовой базе, высоком уровне племенной работы, подготовки квалифицированных кадров для их реализации на базе расширения, реконструкции действующих или строительства новых ферм и комплексов.

Рассмотрены теоретические основы обеспечения работоспособности животноводческого оборудования, базирующиеся на адаптивной системе ремонта, где согласуется периодичность ремонтно-обслуживающих воздействий с закономерностями изменения технико-экономических и эксплуатационных показателей машин и оборудования.

Приведены рекомендации по организации и технологии монтажных и пусконаладочных работ оборудования. Значительное внимание уделено технологии технического сервиса, включая диагностирование, техническое обслуживание и ремонт.

Владение специалистами современными технологиями и системами машин, знаниями в области организации и технологии технического сервиса позволяет более эффективно вести животноводство, осуществлять техническое и технологическое перевооружение отрасли и производить конкурентоспособную продукцию.

1 ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

1.1 Технология производства молока и говядины

1.1.1 Хозяйственно-биологические особенности крупного рогатого скота

Крупный рогатый скот относится к травоядным животным, а по способности отрыгивать проглоченный корм и пережевывать его – к жвачным. Жвачные животные – корова, овца, коза имеют четырехкамерный желудок, состоящий из рубца, сетки, книжки и сычуга. Емкость рубца у крупного рогатого скота 150 – 180 л, сетки – 12 л, книжки – 18 л. В рубце нет пищеварительных желез, но имеется огромное количество микроорганизмов, которые способствуют перевариванию грубого корма, в том числе клетчатки. Отрыгивание корма из рубца и сетки и мощные двигательные сокращения рубца способствуют перетиранию и измельчению корма. Благодаря такому строению и функциям пищеварительного аппарата крупный рогатый скот может переваривать дешевые грубые и сочные корма и превращать их в ценные продукты. Летом крупный рогатый скот способен питаться одной зеленой травой, зимой – в значительной степени грубыми и сочными кормами.

Крупный рогатый скот обладает выносливостью, неприхотливостью, приспособленностью к различным природным условиям. В процессе эволюции у животных развились ценные биологические особенности – нет сезонности размножения, при хороших условиях кормления и содержания животные имеют высокую молочную и мясную продуктивность. Воспроизводительные способности крупного рогатого скота характеризуются выходом телят за год на каждые 100 коров. Нормативным считается получение 100 телят от 100 коров.

Крупный рогатый скот имеет сравнительно большую продолжительность жизни (15-20 лет). Однако для племенных и производственных целей коровы обычно используются 8-10 лет. Половая зрелость у крупного рогатого скота наступает в среднем в 6-9 - месячном возрасте, а первую случку (осеменение) телок проводят в 16-18- месячном возрасте. При этом учитывают живую массу телок, которая

должна составлять 360-400 кг. Продолжительность стельности коров 285 дней, оптимальная продолжительность лактации 305 дней.

От крупного рогатого скота получают высокоценные продукты питания – молоко и мясо, а также сырье для легкой и пищевой промышленности. Из молока вырабатывают масло, сыр, творог, сметану, кефир и другие молочные продукты. Из шкур изготавливают кожевенные изделия. Мясо крупного рогатого скота играет важную роль в питании человека. Оно характеризуется наличием большого количества полноценных белков, хорошим соотношением жира и мяса в туше, невысоким удельным весом костей. Переваримость и усвояемость говядины в среднем составляет 95%.



Рисунок 1.1.1.1 Животные белорусской черно-пестрой породы

На молочную продуктивность влияют как наследственные, так и ненаследственные факторы. Уровень молочной продуктивности и качество молока зависят от породы, кормления, возраста, стельности, размера и формы вымени, технологии доения, условий содержания, использования коров и других факторов. По данным Г.В. Радионова, качество молока изменяется в значительных пределах (табл. 1.1) [1].

Уровень мясной продуктивности, а также качество говядины и ее пищевая ценность зависят, прежде всего, от условий выращивания и откорма животных, возраста, породы, упитанности. Эти факторы влияют на соотношение тканей в туше и на ее морфологический и химический состав.

Потенциальные продуктивные качества крупного рогатого скота велики. Так, корова Вена является рекордисткой ярославской породы по высшему суточному удою – 82,12 кг молока. Рекордисткой черно-пестрой породы является корова Волга 3790, от которой за

305 дней лактации получили 17517 кг молока, жирностью 4,2%, при высшем суточном удое 77 кг. Мировой рекорд пожизненной продуктивности установлен коровой №289 (США), прожившей 19,5 года и давшей за 5535 дней лактации 211212 кг молока и молочного жира 6343 кг.

Таблица 1.1 – Химический состав молока

Показатель	Содержание в среднем, %	Колебания, %
Вода	87,5	83,5-90,0
Сухое вещество	12,5	10,0-16,5
Жир	3,8	2,7-7,0
Белки	3,3	2,0-4,5
Казеин	2,7	1,8-4,0
Альбумин	0,5	0,2-0,7
Глобулин	0,1	0,05-0,15
Молочный сахар (лактоза)	4,7	4,0-5,3
Минеральные вещества (зола)	0,7	0,5-1,0

Мясная продуктивность крупного рогатого скота при интенсивном выращивании и откорме также высокая. Среднесуточный прирост живой массы достигает 1500 граммов. У хорошо выращенного и откормленного молодняка до 15-18 -месячного возраста оптимальное соотношение в туше между мякотной частью и костями достигает 4,5 – 5:1, а у взрослого скота – 4,7 – 5,3:1. Живая масса бычков мясных пород к 15-18 – месячному возрасту достигает 470-500 кг, убойный выход 55-60%, затраты корма на 1 кг прироста живой массы 6-7 кормовых единиц [2].

В повседневной работе, особенно на промышленных фермах и комплексах, когда оператор обслуживает большую группу животных, а также при перегруппировках и транспортировке скота важное значение имеет поведение животных, которое определяется типом нервной деятельности. Установлено, что продуктивность животных и протекание лактации, способность быстрее адаптироваться к условиям промышленной технологии, обусловлены типом нервной деятельности. Коровы сильного уравновешенного подвижного типа хорошо раздаиваются, и у них идет плавный спад продуктивности к концу

лактационного периода. У коров сильного неуравновешенного типа удои после отела быстрее повышаются, но и быстрее идут на снижение. Для коров слабого типа характерен или устойчиво низкий уровень молочной продуктивности, или бывает высокий удои сразу после отела и быстро падает до низкого уровня. Коровы сильного уравновешенного подвижного типа в одинаковых условиях содержания и кормления имеют на 25% более высокий надой, чем слабого типа.

В условиях промышленной технологии животные должны обладать крепким телосложением и здоровьем, сильным уравновешенным спокойным темпераментом, что способствует получению высокой продуктивности в течение продолжительного времени.

При любых технологиях содержания скота нельзя нарушать распорядок дня, грубо обращаться с животными, то есть вызывать у них процессы торможения, так как это приведет к снижению продуктивности, а значит, к перерасходу кормов.

1.1.2 Способы содержания крупного рогатого скота разных половозрастных групп

Различные возрастные и половые группы молодняка предъявляют свои требования к типу и уровню кормления, способам содержания. В связи с этим при выращивании молодняка выделяют следующие возрастные и половые группы:

- 1) новорожденные телята до 10-15 дневного возраста, содержат которых в профилактории и индивидуальных клетках;
- 2) телята молочного периода в возрасте от 10-15 дней до 4-6 месяцев, содержат которых в групповых клетках;
- 3) ремонтные телки от 4-6 месяцев до случного возраста (16-18 месяцев), содержание групповое;
- 4) телки случного возраста и нетели;
- 5) свехремонтный молодняк для интенсивного выращивания и откорма до реализации на мясо (с 4-6 – месячного возраста).

Родильное отделение с профилакторием для телят возводится из расчета 12% скотомест от поголовья коров на ферме или комплексе, в том числе 2% занимают денники для отела.

Размеры стойл – родовых и послеродовых – 1,2×2,0 м, денников – 3,0×3,5-4,0. Система содержания в родильном отделении – привязная, в денниках с теленком до 3-5 дней – беспривязная [3].

Спустя 1-3 суток теленка отнимают от матки, переводят в профилакторий, примыкающий к родильному отделению, а корову перемещают в послеродовую секцию, где содержат две недели до нормализации физиологических процессов.

Телят содержат в секционных профилакториях вместимостью до 30 голов в индивидуальных клетках размером 1,2×1,0×1,4 м или групповых станках – по 5-6 голов до 20-дневного возраста. Секции профилактория используют по принципу «все занято – все свободно».

Положительную оценку получила организация выращивания телят до 2-месячного возраста в отдельных домиках на открытой площадке во все периоды года.

При содержании телят в индивидуальных клетках они изолированы друг от друга, вследствие чего не происходит взаимного перезаражения, но движения их ограничены. Такой способ содержания экономически менее выгоден, так как связан с излишними затратами на устройство клеток и обслуживание. Целесообразно в течение 10-15 дней выращивать телят в отдельных клетках, а затем переводить в групповые секции. В данном случае требуется значительно меньше затрат, а телята имеют возможность свободно двигаться и развивать свой организм.

В некоторых хозяйствах телят выращивают под коровами-кормилицами. В этом случае теленок в течение молочивного периода получает молоко непосредственно из вымени матери, а затем их группами по 2-4 теленка содержат под специально выделенными коровами-кормилицами. Разрыв в возрасте телят под одной коровой-кормилицей не должен превышать 10 дней. В качестве кормилиц обычно используют наименее ценных коров, которых после двух-трех лет использования можно выбраковывать на мясо. Под кормилицей телят выращивают до 2-3 – месячного возраста, после чего их отнимают, а для кормилицы формируют новую группу телят. Под одной коровой-кормилицей с удоем 3000-3500 кг молока можно вырастить за год 10 и более телят. Следует иметь в виду, что коровы-кормилицы, под которыми выращивают несколько групп телят, нередко не приходят в охоту и остаются яловыми. При этом способе содержания собранные в группы подсосные телята находятся в клетках, а коровы-кормилицы содержатся рядом с ними в отдельных станках. С 15-30 – дневного возраста подсосных телят начинают подкармливать сеном, сочными кормами и концентратами.

Телят мясных пород содержат на подсосе под матерями до 6-8 – месячного возраста.

В молочный период молодняк до 6 месяцев содержат в групповых клетках беспривязно по 8-10 голов. Каждую группу телят после молочного периода содержат в отдельных секциях с примыкающими к ним выгулами.

На фермах (комплексах) по выращиванию ремонтных телок с 6-месячного возраста применяется беспривязная групповая система содержания на подстилке по 20 голов в станке, а старше 12-месячного – до 50 голов. Размеры боксов устанавливаются, исходя из возраста животных (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Параметры боксов на фермах по выращиванию телок

Возраст, мес	Размеры боксов, см		Высота планок разделителя, см	
	ширина	длина	верхняя	нижняя
6-12	70-75	140-160	90	35
13-24	90-100	180-190	100	40

Содержание телок с 6 до 24 месяцев – стойлово-пастбищное. Для животных этого возраста предусматриваются выгульные площадки с твердым покрытием из расчета 5 м² на 1 гол., без покрытия – 10 м², удаленные на 60-100 м от зданий. Они обеспечиваются расколом для фиксации животных во время их обработки и проведения прививок.



Рисунок 1.1.2.1 Содержание телят в отдельных домиках

В летний период молодняк молочного периода лучше всего содержать в лагерях с широким использованием трав культурных пастбищ. Травостой на них необходимо создавать из растений разного ботанического состава, чтобы животные получали в полном объеме

протеин и углеводы. В ранневесенний период, а также во время засухи недостаток пастбищной травы восполняется культурами зеленого конвейера. Выращивание телок с преимущественным кормлением на пастбищах удешевляет себестоимость продукции, так как за счет молодых трав животные на 90% удовлетворяют свои потребности в питательных веществах.

Телкам в возрасте от 6 до 12 месяцев в летний период при наличии хороших пастбищ грубые и сочные корма (сено, силос, сенаж, корнеплоды) и примерно половину нормы концентратов рациона зимнего периода заменяют травой. Молодняк старше года при хороших пастбищах обеспечивает приросты 600-700 г и более в сутки без подкормки концентратами [4].

Технология содержания и кормления нетелей за 3-4 месяца до отела должна быть такой же, как и дойного стада в конкретном хозяйстве. Производственные группы, сформированные из нетелей определенного периода стельности, после отела не переформируются до установления их продуктивности. Период подготовки к отелу и лактации составляет 3-3,5 мес., в том числе за 20-24 дня до перевода в родильное отделение животных приучают к доильной установке непосредственно в стойлах. Для этого рядом с ними на 3-4 мин. ставят включенный доильный аппарат и одновременно проводят легкий массаж вымени.

При беспривязном содержании, для закрепления выработанного условного рефлекса на доильную установку, в каждый сеанс в индивидуальную кормушку насыпают 0,5-0,7 кг концентратов. Через 7-8 сеансов нетели начинают самостоятельно заходить на доильную площадку, после этого приступают к массажу вымени. Механический массаж вымени по сравнению с ручным позволяет повысить производительность труда в 3-4 раза и сократить сроки адаптации животных к машинному доению [5].

В помещениях для содержания нетелей зимой поддерживается температура 10-14 °С, относительная влажность воздуха – 70-75%, воздухообмен – 17 м³/ч на 1 ц живой массы. Содержание аммиака не должно превышать 0,02 мг/л.

Содержание маточного поголовья дойного стада на фермах с поголовьем коров свыше 200 предусматривает наличие производственных цехов: цех воспроизводства стада, цех производства молока.

Цех по воспроизводству стада комплектуют нетелями за 3-4 мес. до отела и коровами из цеха производства молока после запуска за 60 дней до отела. Технологические группы формируют с учетом срока ожидаемого отела, нетелей содержат в обособленных группах. Рекомендуется беспривязное групповое содержание животных. Размер групп – 25-50 голов в зависимости от поголовья скота на ферме. При отсутствии специальных помещений применяют привязное содержание животных. В помещениях оборудуют групповое логово из расчета 4,5-5,0 м² на одну голову, можно использовать для этого боксы.

При содержании на глубокой подстилке расходуют солому из расчета 10 кг на одну голову при первом внесении и по 3-2,5 кг в день в течение всего последующего периода. Подстилочный материал должен быть сухим и не иметь плесени [6].



Рисунок 1.1.2.2 Кормление маточного поголовья при беспривязной и привязной способах содержания

Фронт кормления для животных в помещении и на выгульно-кормовых площадках – не менее 1 м на голову. Воду для поения стельных коров в зимний период подогревают до 18-20 °С. Зимой животные должны иметь свободный выход на выгульно-кормовые площадки с твердым покрытием, оборудованные кормушками под навесами или получать ежедневный активный моцион по 2,5-3,0 км.

В летний период сухостойных коров и нетелей содержат на пастбище. При отсутствии таковых допускается кормление животных зеленой массой на выгульно-кормовых площадках с обязательным проведением активного моциона. За состоянием вымени глубоко стельных коров устанавливают постоянный контроль.

В помещениях для содержания сухостойных коров и нетелей зимой поддерживается температура 10-14 °С, относительная влаж-

ность воздуха 70-75%, воздухообмен – 17 м³/ч на 1 ц живой массы. Содержание аммиака не должно превышать 0,02 мг/л.

Коров и нетелей переводят в родильное отделение за 10 дней до отела после санитарной обработки и ветеринарного осмотра. Столько же дней они находятся здесь после отела. В предродовой период животных содержат на привязи в стойлах длиной 2,0-2,2 м и шириной 1,5 м. Можно применять также беспривязное содержание на глубокой подстилке, что способствует лучшей подготовке к отелу [7].

Корову с телянком содержат в деннике беспривязно на глубокой подстилке. Через сутки корову переводят на привязь в послеродовую секцию, а телянка – в профилакторий, где помещают в индивидуальную клетку. Денник дезинфицируют и готовят для приема другой коровы. С третьего дня новотельным животным предоставляют ежедневную прогулку на выгульно-кормовой площадке.

Ширина стойла в послеродовой секции – 1,2 м. Для предотвращения травм вымени стойла отделяют друг от друга металлическими прутами, которые устанавливаются на высоте 80-85 см от пола и на 80 см в глубину стойла. При появлении признаков отела животных помещают в индивидуальные денники. Совместное содержание в первые сутки матери и телянка оказывает благоприятное влияние на их физиологическое состояние [8].

Назначение цеха производства молока – обеспечить раздой новотельных коров и их высокую продуктивность в течение всей лактации, проверить качество коров-первотелок, своевременно и плодотворно осеменить животных, не допустить заболевание вымени и родополовой системы, обеспечить нормальное течение беременности, провести своевременный и качественный запуск животных.

При беспривязном содержании коров комплектуют в группы за 10-20 дней с разницей в сроках отела не более 30 дней. Для этого выделяют накопительные секции. Численность коров, дополнительно вводимых в неполную группу, не должна превышать 20% общего количества животных в технологической группе с аналогичным основному поголовью сроком после отела.

Основными критериями для комплектования технологических групп (секций) служат даты отела и продуктивность. Постоянство сформированных групп сохраняют в течение 6-7 мес. По истечении этого срока животных во вторую половину стельности переводят в предзапусчную зону, остальных формируют в новые производствен-

ные группы с учетом уровня продуктивности и физиологического состояния. Перемещение технологических групп в производственной зоне допускается не более 2 раз; новотельных коров на раздое – не ранее 120 дней лактации [9].

Технологические группы коров в возрасте старше двух отелов и первотелок допускаются в количестве не более 10% общей численности группы. Величина технологической группы определяется общей численностью коров на ферме (комплексе) и может быть от 24 до 48 голов. Животных разных групп содержат в отдельных секциях коровника. Принадлежность коров к определенной группе может обозначаться биркой определенного цвета.

При привязном содержании в зависимости от принятой в хозяйстве технологии коров с родильного отделения можно возвращать на свои основные места или в группу новотельных коров, выделяемую в технологических группах. По второму варианту первое передвижение коров в зону размещения после раздоенных животных осуществляют через 120-150 дней лактации в зависимости от фактической продуктивности. На крупных фермах (комплексах) группы первотелок комплектуют отдельно от взрослых коров и сохраняют их постоянно в течение всей лактации, включая летний пастбищный период. Таким образом, в Республике Беларусь можно выделить следующие способы содержания коров:

- 1) беспривязное содержание;
- 2) привязное содержание;
- 3) содержание и кормление коров в летний период.

Технология беспривязного содержания обеспечивает получение высокой продуктивности животных при затратах труда на 1 ц молока 1,0-2,5 чел/ч и норме обслуживания на одного работающего 25-35 голов. Беспривязный способ содержания рекомендуется в трех основных вариантах [10]:

- 1) боксовый с разделением зон кормления и отдыха животных кормонавозным проходом;
- 2) комбибоксовый – в боксах, примыкающих к кормушкам (кормовым местам);



Рисунок 1.1.2.3 Комби-боксовый вариант содержания коров

3) групповой – на глубокой несменяемой или периодически сменяемой подстилке.

Боксовые варианты можно применять с подстилкой и без подстилки. При варианте с подстилкой рекомендуется устройство боксов коробчатого типа. В качестве подстилки применяют солому, торф и другие материалы. При коробчатых боксах более технологично использование тюкованной соломы.

Одна из модификаций беспривязно-боксового содержания – расположение боксов в спаренных секциях на 4-6 голов в ряду через навозные проходы со свободным выходом на общий кормонавозный проход в зону кормления.

При любом варианте беспривязного содержания соотношение мест отдыха и кормления должно быть 1:1. Комбибоксовое содержание может сочетаться с задней фиксацией в боксах и использованием подстилки в навозных проходах. Последнее обязательно при мобильных системах удаления навоза. При использовании коротких комбибоксов (150-160 см) в качестве обязательного условия предусматривают ограничители, выполненные в виде прямой металлической трубы.

При групповом содержании животных на глубокой подстилке зону кормления с автономным проходом и системой навозоудаления целесообразно выносить за пределы секции. Для исключения смешивания животных разных групп предусматривают систему стационарных и съемных ограждений. Площадь секции при содержании на глубокой подстилке должна составлять не менее 4,5 м² на одну корову, расход подстилки – 3,5-4,0 кг. Ограждения групповых секций делают съемными с регулировкой по высоте в зависимости от накопления подстилки.

Для удаления навоза из помещений при беспривязно-боксовом и комбибоксовом содержании животных используют скреперные установки, трактора с бульдозерной навеской, а в районах с низким уровнем грунтовых вод – самосплав и подвальные навозохранилища. На фермах с беспривязным содержанием коров на глубокой подстилке и при использовании подвальных навозохранилищ навоз удаляют 1-2 раза в год бульдозером и погрузчиками [11].

Технология привязного содержания коров позволяет обеспечить получение высокой продуктивности при затратах труда на 1 ц продукции 1,5-3,5 чел/ч и норме нагрузки на одного работающего 17-25 голов. Указанные технико-экономические показатели достига-

ются в результате оптимизации размещения стойл и стойлового оборудования, привязи, линии доения коров и удаления навоза [12].

Размеры стойл зависят от величины коровы: длина – 145-165 см, ширина – 105-120 см. В состав стойлового оборудования входят: боксовые делители стойл, передний ограничитель, навозный уступ высотой 7-10 см. Обязательна низкая передняя стенка кормушки – 20-25 см.

При привязном способе содержания применяют два варианта доильных установок – с ведрами и молокопроводом. Использование доильных установок предполагает, что один оператор может работать с двумя доильными аппаратами. Молоко собирают в емкость вместительностью 200 л, установленную на тележке, которая после заполнения перевозится в помещение для обработки молока (молочную). Улучшенным способом является доение в передвижную емкость, когда 4 доильных аппарата присоединены к емкости и молоко поступает в нее. Емкость подсоединена к проточной воде, при циркуляции в межстенном пространстве молоко охлаждается.

При доении в молокопровод в помещении коровника имеются две замкнутые линии: одна для вакуума, другая для молока. Выдоенное молоко сразу по замкнутой системе поступает в молочную. При этом важно правильно выбрать размер молокопровода и вакуумпровода. Один оператор машинного доения при доении в молокопровод может работать с тремя аппаратами.



Рисунок 1.1.2.4 Доильный зал на ферме с поголовьем 400 коров

Модификацией привязного содержания является доение коров в доильном зале и использование автоматической привязи. В этом случае производительность операторов машинного доения повышается в два раза по сравнению с доением коров в стойлах в молокопровод. Основу технологии составляет привязное содержание коров с использованием автоматической привязи и доение в доильных залах на установках типа «тандем», «елочка», «карусель». Коров содержат в стойлах длиной 1,7 м, шириной 1,1-1,2 м, оснащенных стойловым оборудованием с автоматической привязью. Для удаления и транс-

портировки навоза используют шнековые транспортеры и установки УТН-10, навозные каналы закрывают металлической решеткой.

Приведенные элементы технологии позволяют существенно сократить затраты труда при очистке стойл от навоза. Грубые корма раздают мобильным кормораздатчиком, концентрированные – на доильной площадке или с помощью ручной тележки в коровнике. На фермах с поголовьем 400 голов и более предусматривается применение АСУ зооветеринарного учета и индивидуального нормированного кормления животных концентрированными кормами [13].



Рисунок 1.1.2.5 Пастбищное содержание стад

Перевод маточного поголовья на летнее содержание предусматривает заблаговременную подготовку пастбищ, водоемов, водопоилок, проведение ветеринарного осмотра и ветообработку коров, расчистку и обрезание копыт, проверку номерных бирок и замену утерянных. Переводят коров на пастбищное содержание постепенно. В зависимости от особенностей зимнего

периода продолжительность перехода на пастбищное содержание колеблется от одной до двух недель. В первые дни коров выпускают на пастбище в течение 2-4 часов, предварительно покормив их сухими кормами – сеном, соломенной резкой, так как проголодавшийся скот жадно набрасывается на траву, в результате потребления очень водянистого зеленого корма у животных развивается понос, а иногда и тимпания. В период перехода от стойлового к пастбищному содержанию кормление животных постепенно переводят на летнее. В начальный период рационы коров должны состоять из 1-2 кг сена или соломы, или 5-6 кг силоса, или 3-4 кг сенажа. Это позволяет полностью обеспечить животных клетчаткой, сухими веществами и избежать нарушения процессов пищеварения, а также снижения молочности и жирности молока. В последующие дни продолжительность пастыбы увеличивается, а подкормку сокращают, если пастбищного корма достаточно. Распорядком дня на пастбищный период должна быть предусмотрена пастыба коров в течение 10-21 часа в сутки [14].

Использование коровами пастбищ возможно при организации как лагерного, так и стойлового содержания. Лагерь оборудуют навесами, кормушками, доильными установками. При стойловом содер-

жании коров пригоняют на ночь в коровник, что связано с длительными перегонами. Для правильной организации пастбищного содержания и кормления скота в каждом хозяйстве разрабатывают подробный план с указанием площади пастбищ, количество зеленого корма, которое может быть получено с пастбищ и других природных угодий в отдельные месяцы летнего периода. Потребность животных в пастбищном корме определяют исходя из плана производства молока в летний период и живой массы коров. При этом в пастбищный период корове с удоем более 20 кг молока в сутки рекомендуется 200-250 г концентратов на 1 кг молока и обязательно нужно давать минеральные добавки, содержащие фосфор, натрий, медь и кобальт, которых в траве содержится мало, и поваренную соль. Эти добавки на 10-15% увеличивают суточный удой [15].

Следует подчеркнуть, что система содержания молочного скота в летний период в значительной степени определяется природно-экономическими условиями хозяйств и принятой технологией производства молока. В районах с высокой распаханностью земель обычно применяют стойлово-лагерную или стойловую систему содержания. При стойлово-лагерной системе животные в летний период содержатся в летних лагерях, оборудованных легкими навесами, доильными установками, кормушками и т.д. При наличии пастбищ животные выпасаются. Стойлово-лагерная система содержания оказывает благотворное влияние на животных, позволяет своевременно производить профилактические ветеринарно-санитарные мероприятия, ремонт помещений, подготовку их к зимней стойловому содержанию животных.

В хозяйствах, обеспеченных кормовыми угодьями, широко распространена стойлово-пастбищная система содержания скота, при которой в стойловый период животные находятся в помещении, а в пастбищный – на природных и искусственных выпасах.

При стойловой системе содержания животные круглый год находятся в помещении, при этом им предоставляется регулярный активный моцион на кормовыгульных площадках. Для обеспечения животных зелеными кормами в хозяйствах организуют зеленый конвейер, позволяющий на протяжении всего весенне-летне-осеннего периода обеспечить животных зелеными кормами. При любой системе содержания в пастбищный период молочный скот должен быть обеспечен зелеными кормами из расчета 40-60 кг на корову в сутки, в зависи-

мости от природно-экономических условий региона и особенностей хозяйства [16].

При организации пастбы коров следует учитывать, что на суходольных пастбищах от 2/3 до 3/4 всего годового урожая зеленой массы приходится на май-июнь. В июле пастбища обычно выгорают, а в августе-сентябре дают 1/10-1/6 общего годового прироста зеленой массы. Высокий прирост зеленой массы на низинных пастбищах отмечается в июне и июле. На хороших заливных лугах трава растет более равномерно. Использовать пастбища целесообразно по загонной системе: травостой в таком случае не портится, корм полнее потребляется животными. На стадо в 100 коров среднесуточные пастбища разбивают на загоны площадью по 10-20 га, высокоурожайные и искусственные – по 5-10 га. При организации такой пастбы загонов должно быть столько, чтобы на каждом из них в очередное стравливание можно было бы пасти стадо не более 1-2 дней. Для разделения загонов можно использовать электроизгородь – электропастух. Причем утром рекомендуется пасти скот на участке с худшим травостоем, затем переходить на лучшие. Одну и ту же площадь загона в течение всего лета можно использовать 3-4 раза. Повторное стравливание можно проводить, когда трава отрастает на 10-15 см и прекращать при ее высоте 4-6 см.

Урожайность пастбища устанавливают скашиванием трав с 2-3 пробных площадок по 5-10 м² в расчете на 1 га пастбища, а количество подкошенного корма, потребляемого скотом на пастбищах, на основании данных о продуктивности сенокосных угодий аналогичного типа, при этом учитывают, что пастбища, как правило, уступают по продуктивности сенокосам на 15-20%.

Высокая урожайность культурных пастбищ, биологическая полноценность пастбищного корма и его дешевизна дают основание считать летнее содержание коров, а пастбищный тип кормления наиболее эффективными.

1.1.3 Фермы и комплексы по производству молока и говядины

На животноводческих комплексах и фермах применяется индустриальная технология производства продуктов животноводства. Технология содержания животных – это совокупность последовательных операций, в процессе выполнения которых животные перерабатывают кормовые средства в определенные виды животноводче-

ской продукции. Технология производства продуктов скотоводства – это сложная биоинженерная система, которая включает комплекс производственных приемов разведения, кормления, содержания и использования животных, направленных на получение высокой продуктивности при оптимальных затратах и труда. Вся биоинженерная система строится с учетом потребностей животных [10].

Особенностями индустриальной технологии являются:

- высокий уровень специализации и концентрации производства;
- комплексная механизация производственных процессов с автоматизацией отдельных процессов и применением автоматизированной системы управления технологическими процессами, способствующими значительному повышению производительности труда;
- использование животных, приспособленных к машинному производству и способных проявлять высокую продуктивность в этих условиях;
- поточность выполнения технологичных процессов;
- ритмичное получение продукции в течение года;
- улучшение условий и облегчение труда работников, повышение его привлекательности.

Перевод производства продукции животноводства на индустриальные методы осуществляется путем разработки и внедрения прогрессивных технологий, систем машин, форм и методов организации труда, при устойчивой кормовой базе, высоком уровне племенной работы, подготовки квалифицированных кадров для выполнения этой технологии на базе расширения, реконструкции действующих или строительства новых ферм.

Как свидетельствует практика, наиболее экономичны при стойлово-пастбищном содержании скота молочные фермы на 400, 600 и 800 коров, а при круглогодичном стойловом содержании и производстве молока на промышленной основе в пригородных районах на 800, 1200, 1600 и 2000 коров, строительство молочных комплексов ведется по типовым проектам, которые разрабатываются для беспривязного содержания животных в боксах или на глубокой подстилке, а также для привязного содержания коров.

В проектах предусмотрена мобильная комбинированная система кормораздачи. Коровники спроектированы с вариантами удаления навоза бульдозером, дельта-скрепером и самосплавом. Имеются ре-

шения с устройством подпольных навозохранилищ. В большинстве типовых проектов принят павильонный принцип застройки коровников на 400 голов каждый, соединенных между собой и с доильным блоком проходными галереями.

В основу разработки типовых проектов положены некоторые общие технологические концепции:

- равномерные растелы коров в течение всего года;
- содержание коров группами по 50 голов;
- формирование групп после растела и только одна корректировка их состава по времени осеменения;
- ежегодная замена до 25% коров стада;
- ремонт стада за счет нетелей, вводимых в состав групп за 10-15 дней до перевода их в родильное отделение.

Для комплексов и ферм промышленного типа обязательным является наличие базы гарантированного обеспечения кормами и проведения селекционно-племенной работы для комплектования и ремонта основного поголовья. В основе эксплуатации животноводческих комплексов лежит принцип гарантированного выпуска определенного вида продукции в любое время года, количество и качество которой должны строго соответствовать установленным требованиям. Строгое соблюдение всех требований промышленной технологии является важнейшим условием успешной работы любого животноводческого комплекса. Для этого необходимо наличие четко организованной системы технического сервиса, позволяющей обеспечить бесперебойную работу технических средств в течение всего периода их использования. [17].

Для одной коровы нужно помещение не менее 18 м². В нем оборудуют стойло шириной 1,5-1,7 м, длиной не менее 1,8-1,9 м. Если стойло будет короче, то задняя часть туловища коровы во время лежания будет свисать над навозным желобом. Это, в свою очередь, может стать причиной загрязнения половых органов и вымени. Кроме того, в коротких стойлах не исключено повреждение копытного рога задних конечностей вследствие их соскальзывания.

Размеры кормушки (из дерева или кирпича) следующие: высота ближней к корове стенки – 30-40 см, дальней – 70-80; расстояние между ними в верхней части 60 см, на дне – 40; фронт кормления – 120-150 см.

Помещение телят (от 10-20-невного до 6-месячного возраста) оборудуют клеткой для их беспривязного содержания (из расчета 1,1-1,5 м² площади на одно животное). Для молодняка от 6- до 12-месячного возраста при групповом беспривязном содержании потребуется 1,8-3,0 м² на голову, а для 12-18-месячных, а также для нетелей до 6-7 месяцев стельности – от 2 до 3 м².



Рисунок 1.1.3.1 Содержание животных на глубокой подстилке

Скоту на откорме (привязи) необходимы стойла 1,0×1,7 м. Откормочное поголовье содержат в несколько затемненном помещении и без моциона, это ускоряет их откорм.

С южной стороны около помещения огораживают площадку размером не менее 15-18 м², на которую ежедневно выпускают корову (осенью, зимой и весной). В ясную теплую погоду она находится здесь весь день. При ветре и в сильный холод выпускать корову нельзя, чтобы избежать простуды и обморожения сосков вымени [18].

Фермы и комплексы по производству говядины предназначены для выращивания телят, доращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота. В зависимости от принятой технологии производства говядины они могут быть с законченным оборотом стада, специализированными на отдельных стадиях производства или обеспечивающими полный цикл производства говядины по промышленной технологии, включающий выращивание откормочных телят, доращивание и откорм животных. Большое значение в организации производства говядины имеет последовательное развитие специализации и концентрации производства с использованием промышленной технологии на базе межхозяйственной кооперации и агропромышленной специализации выращивания и откорма. Все производственные процессы на комплексах организованы по непрерывному поточно-циклическому графику.

На комплексы из хозяйств-пайщиков поступают телята в возрасте 15-20 дней. Из них каждые 13 дней формируют однородные по живой массе и возрасту группы. Сформированная группа представляет собой производственную единицу, животные которой на любом этапе выращивания и откорма находятся в одинаковых условиях содержания.

Такой принцип организации в наибольшей степени отвечает возможностям комплексной механизации и автоматизации производства, позволяет рационально организовать труд и существенно повысить его производительность.

Для специализированных предприятий рекомендуются следующие размеры поголовья:

- в хозяйствах с полным циклом производства (товарных) – 5-6 тыс. голов, в том числе 2-2,5 тыс. коров;
- в репродукторных, занимающихся выращиванием молодняка мясных пород безотъемным способом до 6-8-месячного возраста, - 4-5 тыс. голов;
- в племенных хозяйствах мясного направления – 4-5 тыс. голов, в том числе 1,5-2 тыс. коров.

Специализированные мясные фермы при внутрихозяйственной специализации рассчитаны на 400, 800, 1200 голов.

Технологией предусматривается непрерывность процесса выращивания и откорма молодняка по циклическому графику. Через каждые 13 дней на комплекс поступает 360 бычков в возрасте 15-20 дней средней живой массой 45 кг. Из молодняка формируют однородные по живой массе и возрасту группы, которые на всех этапах выращивания и откорма находятся в одинаковых условиях содержания и кормления.



Рисунок 1.1.3.2 Ферма по производству говядины

Полный цикл производства на комплексе совершается за 392 дня и делится на два периода. Для каждого периода имеются специально оборудованные помещения, разделенные на изолированные секции.

Телята первого периода размещаются в трех помещениях, включающих 22 секции. В помещениях первого периода молодняк выращивают 115 дней в две фазы: продолжительностью 65 и 50 дней.

Третья фаза – доращивание и откорм молодняка в течение 277 дней – осуществляется в помещениях второго периода. Содержание животных беспривязное, групповое, на щелевых полах, по 18-20 голов в станке.

Выбор технологии содержания крупного рогатого скота основывается с учетом ряда факторов. В молочном скотоводстве использование варианта технологии, базирующейся на беспривязном способе содержания животных, обосновывается следующими подходами [7]:

- возделывание в регионе многих зерновых культур способствует применению беспривязного способа содержания коров на глубокой подстилке (10-12 кг соломы на голову в день);

- возделывание в регионе больше пропашных, технических культур предполагает применение беспривязного содержания с односторонними боксами для отдыха животных.

При всем многообразии возможностей и подходов на фермах при организации содержания скота на первом месте решается задача создания комфортных условий по эксплуатации высокопродуктивных коров при ресурсоэффективном и удобном обслуживании скота персоналом ферм.

Общеизвестно, что при большой концентрации поголовья на фермах, особенно с круглогодичным стойловым содержанием животных, чаще возникают инфекционные заболевания вымени и копыт (мастит, некробактериоз), снижается оплодотворяемость и стельность коров при искусственном осеменении. Поэтому обязательное правило – наличие мягкого сухого чистого логова из соломы, опилок, кварцевого желтого песка или мягкой плотной резины с периодической подсыпкой опилок или соломенной резки для удаления влаги из навоза.

Как отмечает Е.В. Раковец [19], наиболее рациональный вариант подачи воды в животноводческие помещения – устройство водопровода под землей внутри зданий. Более практична водопроводная труба из пластика, а не из металла. Она долговечна, не подвергается коррозии, а животные получают чистую воду. Современные пластиковые (полиэтиленовые) трубы и опрокидываемые корыта вместо мячиковых и клапанных позволяют избежать промерзания и протекания воды.

Корыта для воды в коровниках должны быть только опрокидываемые (удобные для ежедневной очистки), а не сварные с основанием. Наиболее рациональные места установки опрокидываемых групповых поилок (корыт) – на свободных площадках спаренных боксов в середине зданий по обе стороны поперечного центрального прохода.

Система освещения современных коровников с беспривязным содержанием основывается путем монтажа светильников над кормовым столом и по торцам внутренней части фронтонов. Для экономии электроэнергии существенное значение имеет максимальное использование естественного дневного света. Современные светопрозрачные строительные материалы: прозрачный пластик для кровли с волной как у шифера, прозрачный конек, светлые с поддерживающей защитной сеткой шторы для стенных проемов вместо окон – все это позволяет большую часть года не использовать дорогостоящую электроэнергию для освещения помещений.

Современная система вентиляции включает регулируемый вентиляционный конек (аэратор), как правило, по всей длине здания и горизонтально открываемые внутрь здания окна или шторы, приводимые в движение механически или электроприводом.

Для доильно-молочных блоков, где постоянно создается высокая влажность, наиболее целесообразно монтировать евроокна, которые не деформируются во влажно-агрессивной среде. Весьма рационально использовать опыт применения светопрозрачных штор вместо окон.

В настоящее время все конструкции штор для животноводческих зданий изготавливаются со специальной сеткой, которая выполняет многие функции: поддерживает штору от сильных колебаний при давлении ветра, рассекает поток воздуха, что исключает наличие сквозняков в зоне размещения животных, а также препятствует проникновению в здание мелких птиц.

Влияние внешней среды на здоровье и продуктивность крупного рогатого скота существенно. Поэтому владелец животноводческих ферм должен уделять как можно больше внимания поддержанию благоприятных внешних факторов.

При этом следует помнить, что внешняя и внутренняя среда организма единые. Об этом свидетельствует состояние сердечно-сосудистой, пищеварительной, воспроизводительной и других систем, а также показатели крови, мочи, молока и другие данные лабораторных исследований в зависимости от условий жизнеобеспечения животных.

1.2 Технология производства свинины

1.2.1 Хозяйственно-биологические особенности свиней

Свиньи отличаются от других видов сельскохозяйственных животных рядом технологических особенностей, рациональное использование которых делает отрасль рентабельной. Важнейшими хозяйственно-биологическими особенностями свиней является: высокое многоплодие, молочность, хорошие материнские качества свиноматок, короткий период супоросности, скороспелость, всеядность, эффективность использования кормов, высокий убойный выход, питательная ценность мяса и хорошие адаптационные возможности.

Свиньи – самые многоплодные из всех домашних животных. При полноценном кормлении и хороших условиях содержания свиноматка дает приплод 10-14 поросят за опорос. Продолжительность супоросности у свиней колеблется от 102 до 128 дней. В среднем период супоросности составляет 114-115 дней и зависит от условий содержания свиноматок, методов разведения и ряда других факторов. При межпородном скрещивании продолжительность супоросности свиноматок сокращается на 0,6-1,0 день, по сравнению с чистопородным разведением [2].

Свиньи – полицикличные животные. Через 18-21 день свиноматки приходят в охоту, могут быть оплодотворены и в состоянии давать приплод в любое время года. Многоплодие свиноматок выражается в количестве живых поросят при рождении в гнезде. Свиноматки пород, разводимых в хозяйстве Беларуси, дают по 10-12 поросят на опоросе. Имеются случаи, когда свиноматки белорусского типа крупной белой породы приносят более 30 поросят. Этот показатель наиболее высокий до 4-5-го опороса, а затем снижается.

Короткий период супоросности (в среднем 114 дней) и период лактации (подсоса) – 26-60 суток позволяет получить в год от каждой свиноматки два опороса, а плодовитость составляет 20-25 поросят. В странах с развитым свиноводством отмечена рекордная плодовитость свиней. В Венгрии одна свиноматка за 22 года жизни поросилась 46 раз, и от нее было получено 416 поросят [20].

Важным показателем продуктивности свиноматок является молочность, от которой в значительной степени зависит продуктивность молодняка. У свиней вымя не имеет молочных цистерн в отличие от

вымени коров, овец и лошадей. Свиное молоко по общей белковой питательности превосходит коровье в 1,5-1,8 раза. В среднем за лактацию (60 дней) свиноматки выделяют 200-250 кг молока, а лучшие – до 400. В производственных условиях из-за особенностей образования и выделения молока трудно получить данные о фактическом его количестве, поэтому молочность определяют путем взвешивания в трехнедельном возрасте всех поросят, которых кормила свиноматка. В среднем этот показатель составляет 40-55 кг. Для представления о сумме продуцированного свиноматкой молока необходимо массу гнезда в 21-дневном возрасте умножить на коэффициент 3,5 (количество молока, необходимое для образования 1 кг живой массы приплода).

У свиней в отличие от других сельскохозяйственных животных выделяют три видовых особенности роста:

- 1) низкая скорость роста до рождения и высокая после рождения;
- 2) высокая интенсивность роста;
- 3) сочетание большой продолжительности роста с высокой интенсивностью в период после рождения.

Новорожденные поросята имеют живую массу в среднем 1,2 кг. Благодаря высокой энергии роста животные за 1,5-2 года достигают живой массы 200-250 кг.

Скороспелость характеризует возможность животных в короткий срок достичь необходимого развития, позволяющего раньше использовать их для воспроизводства полноценного потомства или получения высококачественной свинины. У свиней в возрасте 5-6 мес. наступает половая зрелость, а в 8-9 –месячном возрасте их можно использовать для осеменения, т.е. к годовалому возрасту свинки могут принести первый приплод. Весовая скороспелость, или возраст достижения живой массы 100 кг, при сбалансированном кормлении свиней, районированных в хозяйствах Беларуси пород и типов, составляет 180-210 дней при среднесуточном приросте живой массы на откорме 700-800 г. Наивысший среднесуточный прирост живой массы у свиней – более 1400 г.

Свиньи имеют высокий убойный выход продукции. Так, при беконном и мясном откорме молодняка до живой массы 100-120 кг убойных выход составляет 70-75%, а при откорме до жирных кондиций (130-150 кг) – 80% и выше.

Необходимо отметить высокую калорийность и биологическую полноценность свиного мяса и сала. Так, в 1 кг мяса животных сред-

ней упитанности содержится около 3000 ккал, жирной – 4060 ккал, в 1 кг сала – более 8000 ккал. В свинине имеются белки и жиры, экстрактивные и минеральные вещества, витамины и ферменты. Переваримость свиного мяса в организме человека – около 90-95%, жира 97-98%.

Весьма ценной особенностью свиней является их всеядность. Для кормления этих животных можно использовать самые разнообразные корма растительного и животного происхождения, как концентрированные, так и объемистые, сочные, пищевые остатки кухонь и столовых, различные отходы мясной, рыбной и пищевой промышленности.

По сравнению с другими видами сельскохозяйственных животных свиньи значительно меньше расходуют корма на единицу прироста продукции. При интенсивном откорме на 1 кг прироста живой массы затрачивается всего 4,0-4,5 корм. ед. Часто затраты на 1 кг прироста живой массы не превышают 3,2-3,0 корм. ед. У свиней высокий коэффициент полезного использования корма, т. е. той части, которая идет непосредственно на продукцию и поддержание жизнедеятельности организма. Они используют на образование мяса 33% поглощаемого корма.

Свиньи быстро адаптируются к изменяющимся факторам внешней среды. Их можно разводить в различных климатических и хозяйственно-технологических условиях. В то же время поросята рождаются физиологически менее зрелые, чем молодняк других видов. Живая масса поросят составляет всего 0,5-1,5% от массы тела матери, у телят, к примеру, 7-10%. Организм новорожденных поросят содержит больше воды, меньше золы и протеина по сравнению с телятами. Наибольшая относительная скорость роста у поросят отмечается в первый месяц жизни, а к двухмесячному возрасту масса тела возрастает в 15-20 раз. Скелет новорожденных поросят на 30% состоит из хряща, а костный мозг как орган кроветворения составляет 26% от массы костяка. Рост периферического скелета свиньи заканчивается в более поздний период онтогенеза, чем у травоядных. Важной возрастной особенностью желудочного пищеварения у поросят после рождения является отсутствие в желудке свободной соляной кислоты, при пониженной кислотности в пищеварительном тракте усиленно развивается микрофлора, что может привести к желудочно-кишечным заболеваниям у сосунов [21].

У поросят в 20-30 и 60-90 дней отмечают напряженные периоды в росте и развитии, которые связаны с частичным и полным переходом на новый, безмолочный тип кормления.

Особенностью организма поросят после рождения является онтогенетическая незрелость тканей, органов пищеварения и функций механизмов терморегуляции. При нарушении температурных условий (переохлаждении или перегреве) происходит снижение естественной резистентности организма, что ведет к возникновению легочных и желудочно-кишечных заболеваний. Особенно надо обращать внимание на показатели микроклимата в зоне непосредственного размещения свиней.

Чем кучнее содержатся свиньи и чем выше плотность их размещения, тем сильнее бактериальная загрязненность воздуха даже при нормальном микроклимате, причем преобладает вторичная микрофлора – кишечная палочка, пастереллы, кокки, латентные вирусы. В холодное время года резко возрастает число заболеваний бронхопневмонией, и по этой причине отход может составить свыше 40%.

В период активного роста свиньи плохо переносят жару, особенно при высокой влажности. В связи со слабым развитием потовых желез свиньи мало потеют и быстро перегреваются.

Свиньи ведут малоподвижный образ жизни и поэтому склонны к ожирению. Свиньи обычно активны днем, но в жару, которая угнетает животных, они активнее ночью.

При кормлении вволю свиньи потребляют корм 6-8 раз в дневное время и только 1-3 раза ночью. У них врожденное предпочтение сладкому корму. Быстро вырабатывается условный рефлекс на время и порядок кормления. Задержка с раздачей корма даже на 10-15 мин. приводит к сильному беспокойству поголовья, у кормушек возникают стычки, могут нарушиться социальные иерархии. При этом, помимо изменения поведения, в организме свиней происходят нарушения условно-рефлекторной деятельности.

На еду свиньи в среднем затрачивают 12% времени, 80% времени лежат, а остальные 8% тратят на игры и драки. Поросята больше времени проводят в активном состоянии, на движение в станке затрачивают до 25% времени суток.

На формирование поведения как совокупности инстинктов и приобретенных навыков, помимо врожденного темперамента, влияют средовые условия, в том числе оборудование свинарников, распоря-

док работ на ферме, квалификация обслуживающего персонала. Наиболее заметно влияние микроклимата помещения, в том числе (в порядке убывания): температура воздуха, влажность помещения, концентрация вредных газов, интенсивность и продолжительность освещения.

Поведение надо рассматривать как ответную реакцию поголовья на внешние раздражители при оценке условий содержания, то есть поведение служит критерием комфортности среды.

1.2.2 Способы содержания и выращивания свиноголовья разных половозрастных групп

В зависимости от типа хозяйства животные одного возраста, пола и производственного назначения объединяются в производственные группы: хряков-производителей, проверяемых хряков, хряков-пробников, основных и проверяемых свиноматок, молодняка на дорашивании и откорме.

Хряки-производители (основные хряки) – взрослые животные стада, полученные от высокопродуктивных родителей, проверенных по качеству потомства. Имеют крепкую конституцию, хорошо выраженную, высокую половую активность. Они содержатся во всех племенных и репродукторных хозяйствах.

Проверенные хряки содержатся в группе от времени первой случки до окончания их оценки (по массе приплода в 2 – или 4 – месячном возрасте). После оценки животных либо переводят в основное стадо, либо выбраковывают.

Хряки-пробники – молодые, не представляющие племенной ценности самцы, используемые для половой стимуляции и выявления свиноматок в охоте.

Основные матки – это лучшая часть животных маточного стада, проверенных по результатам предыдущих опоросов. Животные должны быть здоровыми, иметь крепкую конституцию и хорошие материнские качества.

Проверенные матки – это свинки от времени установления первой супоросности до отъема поросят первого опороса. Лучшие проверенные матки, отобранные от высокопродуктивных родителей, имеющие после первого опороса к отъему не менее 9 здоровых, крепких поросят (при 90-95% сохранности), живую массу гнезда на 21-й день – не менее 48, а в 2 мес. – не менее 160 кг, переводятся в основ-

ное стадо. Все низкопродуктивные матки после отъема поросят выбраковываются и поступают на откорм.

В зависимости от физиологического состояния матки подразделяются на следующие технологические группы: 1) холостые или подготавливаемые к осеменению; 2) условно супоросные или с неустановленной супоросностью; 3) с установленной супоросностью; 4) заключительного периода супоросности и 5) подсосные.

Группа холостых маток формируется из: ремонтных свинок 8-9 – месячного возраста; подсосных маток после отъема поросят; маток после неплотворного первого осеменения, подлежащих осеменению.

В группе условно супоросных маток находятся осемененные животные в течение 28-32 дней до установления оплодотворения. Если после этого матки не реагируют на хряка пробника, то их переводят в группу животных с установленной супоросностью. Наиболее целесообразная продолжительность их пребывания в этой группе – до 108-го дня супоросности, а за 6-7 дней до опороса их помещают в маточники.

Подсосные свиноматки – это матки с поросятами со дня опороса до отъема поросят.

В хозяйстве с законченным циклом производства кроме маток и хряков содержатся поросята – сосуны, отъемыши, ремонтный и откормочный молодняк.

Молодняк, находящийся вместе с подсосными матками со дня рождения и до отъема, относится к группе поросят-сосунов.

Группа поросят-отъемышей состоит из отнятого от матерей молодняка в возрасте от 26-60 до 106-120 дней (до перевода в группу ремонтного молодняка или откорма). В практике иногда эту группу называют группой дорашивания, или группой поросят в возрасте 2-4 мес.

Ремонтные хрячки или свинки – молодняк от отбора на выращивание до первой случки или установления первой супоросности, предназначенный для замены выбракованных взрослых животных основного стада. Возраст ремонтного молодняка колеблется от 3,5-4 до 8-12 мес.

К группе откорма относят весь товарный молодняк с 3,5-4 до 7-8 – месячного возраста (до сдачи на мясокомбинат). Кроме того, в этой группе находятся выбракованные взрослые животные.

Процентное соотношение различных производственных групп свиней в стаде называют структурой стада. Она зависит от типа и размера хозяйства (табл. 1.3).

Как видно из данных таблицы 1.3, в племенных хозяйствах больше, чем в товарных, хряков и маток, а откормочного поголовья меньше (откормочных свиней здесь держат только для удовлетворения свиной внутривоспроизводительных потребностей).

В репродукторных в сравнении с племенными хозяйствами намного уменьшается количество хряков (в связи с применением искусственного осеменения), увеличивается численность проверяемых свиноматок и особенно поросят-сосунов и отъемышей, так как откормочное поголовье передают в спецхозы по откорму.

Таблица 1.3 – Примерная структура стада в свиноводческих хозяйствах

Производственная группа животных	Типы хозяйств				
	племенное	репродукторное	откормочное	с законченным циклом	
				средние фермы	крупные комплексы
1	2	3	4	5	6
Хряки основные	1,0	0,06	-	1,0	0,07
Хряки ремонтные	0,5	0,04	-	0,5	0,03
Матки основные	8-10	8-10	-	4-5	3,0
Поросята-сосуны	18-20	35-40	-	17-18	10-11
Поросята-отъемыши	15-18	34-40	-	16-17	32-33
Откормочное поголовье	1-1,5	1-1,5	100	54,5-61	47,2-48,2
В том числе молодняк	1-1,5	1-1,5	92-95	54-60	47-48

В хозяйствах с законченным циклом содержат животных всех производственных групп. На крупных комплексах в сравнении с промышленными фермами средних размеров меньше маточного поголовья, поросят-сосунов и откормочного поголовья и значительно больше поросят-отъемышей [22].

Условия содержания свиноголовья складываются из множества факторов внешней среды, постоянно воздействующих на животное. При длительном воздействии одного или нескольких факторов у животных вырабатываются стойкие приспособительные изменения, ведущие к биологической перестройке организма. Поэтому очень важно создавать такие условия содержания для свиней, которые вызывают желательные изменения, ведущие к высокой жизнеспособности и продуктивности.

За последние десятилетия в практике широко используются следующие способы содержания свиней [21]:

- 1) индивидуальное и станково-выгульное содержание хряков и маток;
- 2) свободно-выгульное - ремонтных и откормочных свиней;
- 3) летнее лагерно-пастбищное – свиней на племя;
- 4) групповое безвыгульное;
- 5) фиксированное – свиноматок.

Высокоэффективное производство свинины можно организовать в хозяйствах различных типов и размеров, но крупные свиноводческие предприятия промышленного типа имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими, поскольку в полной мере могут реализовать основные преимущества современных прогрессивных технологий поточно-цехового воспроизводства, размещения и обслуживания поголовья.

Для каждой технологии промышленного типа, при всем их многообразии, характерны следующие особенности [23]:

- поточное воспроизводство и использование поголовья с выпуском продукции откормочных или племенных свиней через строго определенные промежутки времени;
- раздельно-цеховое размещение животных различных половозрастных и производственных групп с использованием помещений по принципу «все занято – все свободно» и тщательной дезинфекцией после каждого производственного цикла;
- использование полнорационных комбикормов на крупных комплексах и многокомпонентных сбалансированных биологически полноценных рационов в остальных хозяйствах;
- комплексная механизация и автоматизация производственных процессов;

– обслуживание животных с применением прогрессивных форм организации и оплаты труда, основанных на принципах бригадного, звеньевое, а также арендного, коллективного и семейного подрядов;

– промышленное скрещивание и гибридизация высокопродуктивных сочетающихся на гетерозисный эффект пород, типов и линий свиней;

– генеральная планировка и застройка свиноводческих помещений с использованием современных стандартизированных строительных конструкций и оборудования;

– круглогодичное содержание большей части поголовья в закрытых помещениях без активного моциона;

– ранний, а для 10-25% маток – сверхранний объем поросят.

Для хряков и маток метод индивидуального и станково-выгульного содержания – традиционный в обычных репродукторных хозяйствах и на племфермах. Он наиболее полно отвечает биологическим требованиям животных и хорошо сочетается с экономикой производства.

Хряков содержат или индивидуально в клетках размером $7,5 \text{ м}^2$, или мелкими группами по 3-5 голов в такой же станке из расчета площади 2-2,5 м^2 на 1 голову в зависимости от массы животных. Подсосных маток с приплодом содержат индивидуально в клетках площадью до $7,5 \text{ м}^2$. Холостых и легкосупоросных маток содержат группами от 10 до 30 голов при норме площади 1,5-1,8 м^2 на голову, а перед опоросами – мелкими группами.

Для всех этих групп организуют моционоактивную прогулку. Роль моциона состоит в стимуляции физиологических процессов и закаливании организма, при прогулках животные получают естественное облучение, у них улучшается усвоение кальция и кроветворение, у хряков повышается качество спермы, у свиноматок – оплодотворяемость и качество приплода. Моцион необходим свиньям как летом, так и зимой. Несмотря на то, что организация моциона, особенно зимой, требует определенных затрат, они окупаются продукцией в расчете на каждую племенную свинью.

При свободновыгульном содержании животные сами выбирают, где им находится – в станке или на выгульной площадке. При этом в помещениях улучшается микроклимат, особенно в отношении

аммиака. Положительное влияние такого режима на здоровье, и продуктивность свиней несомненна.

Свободновыгульное содержание особенно ценно при выращивании ремонтных свинок, к тому же оно позволяет увеличить нормы обслуживания, значительно экономить труд операторов по уборке помещения и проведению принудительного моциона.

Летнее лагерно-пастбищное содержание оказывает исключительно благоприятное влияние на их сохранность и здоровье, обеспечивает высокую продуктивность и повышает экономическую эффективность производства. Летом в лагерях свиньи круглые сутки находятся на свежем воздухе, молодняк растет крепким и здоровым. У свиноматок повышается плодовитость и молочность. Опоросы проверяемых маток на небольших фермах проводят обычно в летних лагерях, поэтому в последние годы уделяется много внимания разработке более совершенных конструкций лагерей, позволяющих снизить затраты труда на единицу продукции.



Рисунок 1.2.1.1 Станково-выгульное содержание свиней

Применяют различные лагеря для содержания свиней: группового (ремонтный молодняк, холостые и супоросные матки); индивидуального (подсосные матки с приплодом). Имеет место применение старого способа содержания свиней в передвижных домиках различных конструкций – одноместные типа шалаша легкие постройки с полозьями или трех-станковые односкатные домики шириной 2,5 м и длиной 6 м.

Кормят свиней в лагерях обычно в специальных «столовых» - открытых огороженных площадках с твердым покрытием на расстоянии 50-100 м от логова. При содержании в больших загонах свиней кормят из самокормушек сухими концентрированными кормами из расчета одна самокормушка на 25-30 голов.

Для проведения опоросов часто используют стационарные лагеря, разделенные на индивидуальные клетки. Обычно это легкие сооружения, открытые спереди (от линии дверцы до крыши). Вдоль передней линии станков оборудуют выгул для поросят с деревянными

полами и устанавливают в нем кормушки для их подкормки и поения. Поросята через лаз свободно выходят из клетки. Лагеря обеспечивают водой из водопровода или завозят ее в бочках тракторами. Маток кормят или в «столовой», разделенной по секции по числу производственных групп, или прямо в станках. Такая система содержания маток с поросятами характерна для племенных ферм. В крупных репродукторах делают общие загоны на группы маток, поросята из разных гнезд одной свинарки гуляют все вместе. Эта система – дешевая и эффективная, но затрудняет индивидуальный учет продуктивности маток [24].

Содержание свиней в летних лагерях позволяет разгрузить капитальные свинарники от поголовья и сделать ремонт, дезинфекцию и хорошо за лето просушить их. Лагеря обычно строят неподалеку от ферм на сухом выровненном месте. Территорию лагеря огораживают, организуют дежурства. Водопой должен быть рядом, на территории лагеря; если такой возможности нет, организуют доставку воды. В корытах постоянно должна быть чистая свежая вода. Чтобы свиньи в жару не ложились в корыта с водой, к ним сверху прикрепляют разграничительные планки из металла.

Групповое безвыгульное содержание получило повсеместное распространение на комплексах, крупных и даже мелких фермах сначала для свиней на откорме, а потом и для других технологических групп. Из всех способов содержания свиней на откорме этот признан самым эффективным как с точки зрения повышения производительности труда, так и снижения затрат кормов на производство единицы прироста. При этом способе содержания важное значение имеет размер групп свиней, плотность их размещения и фронт кормления. Применяют безоконные помещения, так как в темноте двигательная активность свиней сильно снижается. На промышленных комплексах и механизированных фермах различного размера наибольшее распространение получило содержание свиней мелкими группами в крупных секциях, когда типовой коровник большой вместимости разделяется на несколько изолированных секций, как бы маленьких свинарников внутри одного большого. Это делается для практического осуществления технологического принципа «все пусто - все занято», составляющего основу поточной технологии и включающего такие важные моменты нормального производства, как унификация обслуживания, упрощение кормления, создание специфического микроклимата для

конкретной группы свиней, но главным образом для проведения ветеринарно-санитарных мероприятий и предупреждения заразных заболеваний.



Рисунок 1.2.1.2 Фиксированное содержание свиноматок

Наряду с групповым содержанием все большее распространение получает фиксированное содержание холостых, осеменяемых и условно супоросных маток в индивидуальных клетках (боксах). Изменяется характер индивидуального содержания подсосных свиноматок – на крупных фермах применяют фиксированное содержание маток в первые две недели лактации в боксе, оборудованном в станке для опоросов, при этом размеры самого станка стали уменьшаться с обычных 7-7,5 до 5,5 м². Уменьшенные станки-клетки делают

необходимым ранний отъем поросят.

Смысл фиксации состоит в том, чтобы максимально упростить уход за матками, улучшить выявление их в охоте, повысить норму обслуживания на опоросе, свести до минимума отход поросят по причинам задавливания их маткой, создать возможность локального обогрева сосунов. Для решения всех этих задач на промышленных комплексах применяют клетки для опоросов, разделенные на три бокса – для матки, для отдыха и для подкормки поросят. В цехе производства используются клетки для индивидуального содержания холостых, осеменяемых и условно-супоросных маток [21].

Все описанные методы содержания свиней на практике имеют место, но наиболее общими элементами современной технологии в свиноводстве является мелкогрупповое безвыгульное содержание молодняка и маток в холостой и супоросный периоды, фиксированное содержание осеменяемых и подсосных маток, стремление найти компромисс между биологическими потребностями животных и интенсивной технологией на промышленной основе.

Способы содержания свиноголовья можно разделить на две системы – выгульную и безвыгульную. Применение того или иного способа зависит от сложившейся технологии производства. Однофазовое производство предполагает перевод маток после отъема поросят для их осеменения, а молодняк остается в станке для опоросов на

весь период дорастивания и откорма. Преимущество такого метода состоит в том, что отсутствуют перегоны и перегруппировки молодняка, тем самым снимается проблема стрессов, обусловленных факторами группового содержания. В результате повышается продуктивность и сохранность поголовья. Кроме того, данный метод предполагает закрепление поголовья за одним и тем же оператором, что повышает производительность труда. В то же время при данном методе нерационально используются помещения и станки, требуются значительные и постоянные затраты на трансформацию станков по мере роста свиней.



Рисунок 1.2.1.3
Молодняк свиней
на откорме

Двухфазное производство заключается в том, что после отъема поросят до 3-4 – месячного возраста оставляют в клетках для опоросов, а после завершения цикла дорастивания гнездами поросят сразу переводят на откорм. Такая технология принята на комплексах среднего размера. Основной эффект состоит в оптимизации условий для выращивания отъемышей, особенно при раннем отъеме, повышении их сохранности и массы при передаче на откорм. Метод наиболее эффективен при выравнивании гнезд поросят после рождения. Широкое применение он нашел в племенном свиноводстве.

Трехфазное производство наиболее распространено на комплексах и крупных фермах. Суть его заключается в том, что после отъема поросят маток сразу переводят на осеменение, а поросят из станка для опоросов переводят в цех дорастивания или сразу при отъеме в 26-60 дней, или после перерыва при раннем отъеме (обычно до достижения поросятами двухмесячного возраста), а после достижения молодняком возраста 105-120 дней – в цех откорма. По такой технологии работают почти все крупные фермы и комплексы-комбинаты на 54, 108 и 216 тыс. свиней.

Приведенные способы содержания свиней включают в себя индивидуальную, мелко- и крупногрупповую технологические системы содержания животных внутри помещений. Производственный процесс в условиях крупного производства возможен лишь при условии размещения свиней строго по технологическим группам.

С учетом технологии производства рекомендуется следующий размер групп свиней: поросята-отъемыши – 20-25 голов, молодняк на

откорме – 10-30 голов, холостые и легкосупоросные матки – 10-20, тяжелосупоросные – не более 15 голов в станке. У свиней в группе вырабатывается групповой рефлекс подражания, который проявляется в том, что если в одном станке свиньи для дефекации избрали какое-то определенное место, то в смежном станке животные испражняются в том же месте своего станка.

Этот феномен используется при конструировании станков для группового выращивания и откорма: применяют решетчатые перегородки в зоне дефекации со щелевым полом и сплошные перегородки в местах отдыха свиней. В данном случае свиньи соседних станков общаются между собой в зоне дефекации и во время игр там же испражняются. Это значительно улучшает чистоту в свиноматке и снижает затраты на уборку его от навоза.

Помимо размера групп важными условиями содержания являются плотность размещения, фронт кормления, конструкция и форма станков для размещения свиней. Максимальный эффект получается, если при групповом содержании свиней на откорме обеспечивается следующая норма логова (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Норма площади логова для свиней на откорме

Площадь логова, м ²	Средняя масса свиньи, кг					
	20	40	60	80	100	120
На 1 животное	0,15	0,25	0,36	0,43	0,51	0,57
На 100 кг живой массы	0,75	0,63	0,58	0,54	0,51	0,48

В свиноматке или в его изолированной секции рекомендуется содержать свиней, близких по возрасту и массе. Для поросят-отъемышей оптимальным является отклонение от средней по станку массы $\pm 2,5$ кг, свиней на откорме - ± 5 кг. Чем больше свиней в станке, тем более выровненным должно быть поголовье.

Нормами предусмотрена следующая плотность размещения свиней в станках: для хряков при индивидуальном размещении – 7, для подсосных маток с приплодом – 7,5, для осеменяемых маток в индивидуальных клетках – 1,4-1,5, для холостых маток в группах – минимум 1,5, для супоросных маток – 2,0-2,5, для отъемышей – 0,35 и для молодняка на откорме – 0,8-0,9 м² на голову.

При групповом содержании супоросных и холостых маток, поросят на доращивании и откорме в станках выделяют две зоны – логово и кормовую. В том случае, если вдоль линии кормушек проходит решетчатый пол, то кормовая зона становится кормонавозной зоной. В данном варианте увеличивается площадь логова, так как зона дефекации соприкасается с зоной кормления.

Однако при таком расположении навозного канала значительная часть кормов (10%) теряется, поэтому предпочтительным является размещение навозной зоны в противоположной стороне от кормовой. В зоне отдыха должны быть утепленные или плохо проводящие теплополы – наиболее теплопроводные деревянные, потом кирпичные, далее керамзитобетонные и худшие – бетонные. Фронт кормления (длина кормления) зависит от ширины груди животного. Чем крупнее животное, тем больший фронт ему требуется. Для поросят массой 15-30 кг требуется 16-17 см длины кормушки, массой 40-50 кг – 23-25 см, 90-100 кг – 30 см и для взрослых свиней при групповом содержании – 40 см, при индивидуальном – 60 см.

Помещения для содержания свиней должны быть сухими, теплыми, светлыми и просторными. При ухудшении условий содержания свиньи часто простужаются и заболевают, что приводит к снижению их продуктивности. Стены помещений лучше изготавливать из дерева (бревенчатые). Нередко делают двойные дощатые стенки с засыпкой шлаком или опилками. Для предохранения от разрушения свиньями и с точки зрения гигиены внутреннюю часть стен (высотой до 1 м) обивают плотными досками, которые являются хорошим теплоизолятором. Высота стен у входа в помещение должна быть не менее 2 м, а задняя или боковые стены – не менее 1,0-1,5 м (при односкатной крыше).

Лучший пол – досчатый. Поверх земли укладывают слой глины толщиной 5-10 см (с уклоном в сторону жижестока) и хорошо утрамбовывают. В глину укладывают лаги, и на них настилают доски. Доски должны плотно прилегать к глине, чтобы под полом не скапливалась моча. Размер станка для содержания свиноматки должен быть около 5 м², а для молодняка на откорме – 0,6-0,8 м² на животное [18].

На крупных фермах и комплексах деревянные полы недолговечны и быстро загрязняются, даже пол из досок 40 мм выходит из строя частично или полностью в течение одного года. Недостатки имеют и бетонные, и асфальтовые полы, поэтому эти полы лучше использовать для кормонавозных и служебных проходов.

Оправдали себя монолитные трехслойные полы, изготовление которых осуществляют следующим образом: на подготовленный грунт-основание укладывается слой щебня 230 мм, он заливается водоцементным раствором (соотношение 1:0,57), затем делается гидроизоляция из битума, на него кладут слой керамзитобетона 120 мм (керамзит + крупный песок + цемент, водоцементное отношение 1:0,55). Верхний слой состоит из 3 мм керамзитового песка – 23% от общей массы слоя, известь – 60% и щебень из красного кирпича частицами до 10 мм – 17%. Полы должны быть ровными с уклоном в сторону щелевого пола – 5-6%. В опоросных станках поверх любого пола настилают доски.

Высота ограждения станков для хряков – 1,2-1,4 м, для маток и свиной на откорме – 1,0-1,1 м, для поросят-отъемышей – 0,8 м. В опоросных станках просвет решеток должен быть 3-4 см, для остальных групп свиной – 10-12 см. Оптимальные параметры норм площади для размещения свиной приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Нормы площади для размещения свиной

Группы животных	Предельное поголовье	Площадь на гол., м ²		Длина и ширина станка, м	
		На товарных фермах	На племенных фермах	На товарных фермах	На племенных фермах
Групповые станки					
Хряки-проверяемые и пробники	5	2,5	2,5	до 3,5	до 3,5
Матки холостые и легкосупоросные	12	1,9	2,0	до 3,5	до 3,5
Поросята-отъемыши	30	0,35	0,4	до 3,5	до 3,5
Молодняк ремонтный	10	0,8	1,0	до 3,5	до 3,5
Молодняк откормочный	30	0,8	-	до 3,5	-
Взрослые свиной на откорме	15-17	1,2	-	до 3,5	-
Клетки					
Для поросят-отъемышей	10	0,3	-	-	-
Для откормочного молодняка	10	0,6	-	-	-
Индивидуальные станки					
Хряки-производители	1	7,0	7,0	2,5-2,8	2,5-2,8
Матки за 7-10 суток до опороса и подсосные с поросятами до 2 мес.	2	7,5	7,5	2,5	2,5
Матки за 7-10 суток до опороса и подсосные при раннем отъеме	1	5,0-7,0	-	2,0-2,2	-
Боксы					
Матки холостые, осеменяемые и с неустановленной супоросностью	1	1,2	1,4	1,9	2,0

Оптимальные параметры норм площади станков и двориков в лагере для свиней приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Нормы площади станков и двориков в лагере для свиней

Группа свиней	В среднем на голову, м ²		
	Под навесом	во дворике	всего
Хряки	7	33	40
Матки: подсосные и супоросные в последнем периоде супоросности	5	15	20
До трех месяцев супоросности	1,5	3,5	5
Поросята-отъемыши до 4 месяцев	0,5	1,0	1,5
Ремонтный молодняк старше 4 месяцев	0,8	22	3,0
Откормочный молодняк старше 4 месяцев	0,8	1,6	2,4

1.2.3 Фермы и комплексы по производству свинины, условия содержания свинопоголовья

Основными типами специализированных предприятий по производству свинины являются:

- 1) хозяйства с законченным циклом производства;
- 2) хозяйства, специализирующиеся на откорме или репродукции молодняка свиней на основе межхозяйственной кооперации;
- 3) свиноводческие комплексы промышленного типа с законченным производственным циклом;
- 4) племенные фермы, предназначенные для совершенствования пород свиней и выращивания высокоценного молодняка для товарных ферм.

Размеры хозяйств различного типа определяют следующим образом:

племенных – по количеству основных маток, имеющих на начало года;

репродукторные – по количеству выращенных и переданных на откорм поросят в год;

откормочных с законченным производственным циклом – по количеству откармливаемых свиней в год.

По размеру свиноводческие хозяйства подразделяются на:

– фермы (до 12 тыс. голов годового выращивания и откорма);

– комплексы (более 12 тыс. голов годового выращивания и откорма).

При выборе вместимости помещений для содержания различных половозрастных групп свиней придерживаются номенклатуры основных зданий и сооружений. К основным зданиям свиноводческих предприятий относятся:

а) свинарники-маточники;

б) свинарники-откормочники;

в) помещения для поросят-отъемышей;

г) хрячники.

Максимальная вместимость свинарников-маточников для проведения опоросов на товарных фермах и комплексах принимается до 600 голов, для племенных – 120 голов.

В свинарнике-маточнике предусматриваются следующие помещения (секции):

– для инвентаря и подстилки;

– для взвешивания свиней;

– для санитарной обработки маток;

– для обслуживающего персонала.

Для осуществления принципа «пусто-занято» и проведения необходимых мероприятий по санитарной обработке и дезинфекции помещений свинарники-маточники, свинарники для отъемышей и для откорма делят сплошными перегородками на изолированные секции.

Вместимость секций определяется в зависимости от размеров технологических групп, но не должна превышать 60 маток в свинарниках-маточниках на комплексах промышленного типа и 30 маток на фермах; 600 поросят-отъемышей, 1200 свиней на откорме.

Кроме основных знаний для содержания свиней на территории комплекса предусматривается размещение подсобных производственных, складских и вспомогательных зданий и сооружений.

Размеры и число помещений зависят от мощности комплекса и определяются с учетом норм площадей на одно животное и размеров основных элементов зданий, сооружений и помещений основного назначения.

Как отмечает академик И. Шейко [21], в настоящее время применяют пять типов застройки свинокомплексов и ферм.

1. Павильонный – для комплексов и ферм любой мощности. Рекомендуется для племферм с выгульной системой содержания. Коэффициент застройки равен 0,3-0,35, т.е. площадь свинарников составляет 30-35% от общей площади фермы (от площади земельного участка под ферму).

2. Частично сблокированный способ – павильонная застройка с соединительными коридорами. Для комплексов любого назначения и мощности. Коэффициент застройки – 0,4-0,42.

3. Блочный – со специализированными зданиями-блоками с законченным циклом производства. Такая застройка предпочтительна для комплексов по откорму, но возможна и для репродукторных ферм. Коэффициент застройки – 0,45-0,50.

4. Многоэтажная застройка – для крупных комплексов в любых регионах с любым рельефом. Капиталоемкий проект сильно снижает потребность в земле.

5. Многоэтажно-блочная застройка – применяется для экспериментального поиска.

При любом варианте застройки свиноводческих ферм и комплексов участок для строительства выбирают с маловлажным грунтом, низким уровнем стояния грунтовых вод, спокойным рельефом, небольшим уклоном для стока поверхностных вод.

От населенного пункта свиноводческие помещения должны находиться не менее чем на 0,5 км с подветренной стороны.

Постройки располагаются продольной осью с севера на юг, а в южных районах – с востока на запад. Навозохранилище устраивают с подветренной стороны по отношению к свинарникам.

Станки в свинарниках или секциях располагают продольно. Длина групповых станков определяется с учетом обеспечения свиней необходимым фронтом хранения.

В формировании микроклимата в свиарнике имеют значение не только конфигурация и объемно-планировочные решения, но и качество стройматериалов.

Содержание животных в помещениях, отвечающих санитарно-гигиеническим нормам и требованиям, при нормальном кормлении и уходе за ними приводит к экономии корма, повышению продуктивности и естественной устойчивости животных к заболеваниям.

Большое значение в жизнедеятельности организма животных имеет оптимальная освещенность помещений (табл. 1.7), которая способствует сохранению здоровья и является необходимым условием для профилактики некоторых заболеваний сельскохозяйственных животных.

Недостаточная освещенность создает предпосылки к возникновению у животных анемии, остеомалации, витаминной недостаточности, ведет к нарушению функциональной активности половых желез.

Таблица 1.7 – Нормы освещенности в помещениях

Наименование зданий и помещений	Нормы естественного освещения (отношение площади окон к площади пола)	Освещенность в люксах (при лампах накаливания)
Помещения для хряков производителей, тяжелосупоросных и подсосных маток, поросят-отъемышей	1:10	30-50
Помещения для холостых, легкосупоросных маток и ремонтного молодняка.	1:10	30
Помещения для откормочного поголовья свиней.	1:15	15

Большое значение режим освещенности имеет при проектировании и строительстве типовых животноводческих комплексов, ферм

промышленного типа и животноводческих помещений для фермерских хозяйств.

Состояние микроклимата закрытых животноводческих помещений определяют ряд физических факторов (температура, влажность, освещение и ионизация), газовый состав воздуха (кислород, углекислый газ, аммиак, сероводород и др.), пыль и бактериальная загрязненность. Формирование микроклимата в помещениях зависит от местного климата, объемно-планировочных решений, воздухообмена, отопления или охлаждения, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, технологии содержания и кормления, способов уборки навоза, концентрации животных [25]. Нормами технологического проектирования свиноводческих ферм и комплексов определены следующие параметры микроклимата в помещениях для содержания свиноголовья разных возрастных и половых групп (табл. 1.8).

Таблица 1.8 – Параметры микроклимата в помещениях для содержания свиней

Наименование помещений	Температура воздуха в помещениях, °С		Относительная влажность воздуха, %	Предельно допустимая концентрация газов в воздухе, л/м ³	
	оптимальная	минимальная		СО ₂	NH ₃
Свинарник для холостых и легкосупоросных маток и хряков-производителей	16	13	65-75	2,5	0,5
Помещение для поросят-отъемышей	20	18	70	2,5	0,5
Свинарник-откормочник	5	14	75-80	3,0	0,5
Свинарник-маточник	16	18	65-75	2,5	0,5

Основное средство очистки воздуха от пыли и бактерий, а также создания оптимальных параметров воздушной среды в животноводческих помещениях – вентиляция.

Степень загрязненности воздуха зависит от многих факторов и может быть различна. Это следует учитывать при устройстве приточной вентиляции с очисткой воздуха.

Для создания оптимальных параметров микроклимата приточный воздух перед поступлением в помещение должен проходить обработку, включающую очистку от пыли, уничтожение запахов (дезодорация), дезинфекцию, нагревание или охлаждение, увлажнение или осушку.

При разработке технологической схемы обработки приточного воздуха учитывают стоимость и обеспечение автоматического регулирования процесса. В таблице 1.9 приведены допустимые скорости движения воздуха при максимальных температурах.

Таблица 1.9 – Допустимая подвижность воздуха в зоне размещения свинополовья

Помещения	При минимальной температуре	При максимальной температуре
Свинарники-маточники, помещения для тяжелосупоросных свиней	0,15	0,4
Свинарники-откормочники, помещения для хряков и легкосупоросных маток	0,3	1,0
Свинарники для поросят-отъемышей	0,2	0,6

Для обеспечения рекомендуемых норм микроклимата и его формирования следует соблюдать все требования к территории ферм, строительству помещений, внутреннему их оборудованию, а также правильной эксплуатации помещений.

1.3 Технология производства овцеводческой продукции

1.3.1 Хозяйственно-биологические особенности овец

Овцы обладают многими хозяйственно-биологическими свойствами. Из всех домашних животных первыми были приручены овцы. В отличие от других видов животных они используют все виды растений, в том числе многие виды сорняков, что дает возможность использовать участки земли, непригодные для выращивания сельскохозяйственных культур или для выпаса других животных. Овцеводство дает незаменимое для легкой промышленности сырье – шерсть, овчины, смушки (шкурки новорожденных или 2-3 –дневных ягнят специальных пород), кожу и высокопитательные продукты – мясо, жир, молоко.

Овцы – жвачные животные с хорошо развитым пищеварительным трактом. Наиболее ценным кормом для них является зеленая трава. Вследствие многовековой пастбищной системы содержания овцы хорошо используют травостой всех пастбищ, за исключением заболоченных. Хорошему использованию овцами травостоя пастбищ способствуют крепкие, сильные ноги, прочные копыта и суставы. В поисках корма они могут ежедневно передвигаться на большие расстояния.

Своеобразное строение передней части головы (заостренная морда, очень подвижные тонкие губы и острые, косо поставленные резцы) позволяют овцам хорошо поедать низкорослую, изреженную растительность, подбирать колоски или очень мелкие части растений с земли. Поэтому овец издавна пасут по стерне, после уборки зерновых. Овцы прекрасно используют грубые и сочные корма и нуждаются в минимальном количестве концентрированных кормов [26].

В хозяйственном отношении весьма ценится скороспелость овец, которая проявляется в производстве полноценной продукции в раннем возрасте. Так, молодую баранину и овчины можно получать от овец в возрасте 6-8 мес., поярковою шерсть (от молодняка) – в 5 мес., а полноценную в техническом отношении шерсть – в 12-месячном возрасте.

Продолжительность жизни домашних овец достигает 12-15 лет и более, срок хозяйственного использования ограничивается 5-8 годами, так как к этому возрасту у них наступает резкое ослабление и раннее выпадение зубов [15].

Для овец многих пород характерна сезонность в размножении – половая охота обычно проявляется осенью (сентябрь – октябрь).



Рисунок 1.3.1.1 Овцы породы прекос

Исключение составляют овцы романовской породы, которые приходят в охоту равномерно в течение всего года. Плодовитость овец довольно высокая. От 100 маток при их нормальном кормлении и содержании получают 120-130 ягнят, а в некоторых хозяйствах – до 150-160. Романовские матки за одно ягнение приносят 2-4 ягненка, а нередко 5-6. При надлежащем кормлении и заботливом уходе молодой овец быстро растет и хорошо развивается.

Благодаря хорошо развитому шерстному покрову овцы достаточно устойчивы к холоду. Им не требуется теплое помещение. Овцы не выносят сырости и сквозняков. Они подвижны, выносливы, отличаются высокой приспособляемостью к природно-климатическим условиям, хорошо акклиматизируются, но чувствительны ко многим стрессовым факторам.

Овцы очень пугливы. На них отрицательно влияют скученность в помещении, грубое обращение, частые осмотры, шум машин и механизмов. Резкий громкий крик и шум вызывает у овец испуг, шарханье в сторону и давку.

Овцы обладают сильно развитым инстинктом стадности, слепого следования за вожаком. У них можно выработать только самые простые условные рефлексы, необходимые для управления животными при уходе и содержании на пастбище и в помещении. Поэтому овец содержат большими группами или стадами.

Овцы – дневные животные, у них хорошие зрение, слух и обоняние. Однако острота зрения проявляется у них лишь при хорошем освещении. В этой связи помещения для овец, особенно при их откорме или ягнении, должны быть хорошо освещены. В таких условиях животные потребляют из кормушек достаточное количество корма, а во время ягнения не будут затаптывать новорожденных ягнят.

От овец получают баранину, ценной особенностью которой является то, что в ее жире очень мало холестерина: если в 100 г свиного жира его 74,5-126 мг, в говяжьем – 75 мг, то в бараньем – только 29 мг. Биологическая особенность взрослых животных – накапливание в организме жира, который концентрируется в подкожной соединительной и мускульной тканях, а также в брюшной полости (брыжейке, сальнике, около почек). В 7-месячном возрасте овца содержит примерно половину того количества мяса, которое может дать взрослое животное, а во время откорма взрослых овец в их туше увеличивается содержание сала. Ценным, питательным, легкоусвояемым пищевым продуктом и сырьем для выработки высококачественных сыров является овечье молоко. В нем содержится 18-20% сухих веществ и от 7 до 10% жира. Для изготовления 1 кг мягкого сыра требуется 4,5-5 кг овечьего молока, а для твердого сыра – 6-7 кг. Лактационный период у овец длится 150-180 дней.

На туловище овцы растет рунная шерсть, защитный волос (на веках), кроющий волос (на лицевой части головы и ногах) и осязательный (на кончике морды). Рунную шерсть с овец состригают; она состоит из волокон трех основных морфологических типов – пуха, ости и переходного волоса. По характеру шерстного покрова и типам составляющих его волокон шерсть разделяют на однородную и неоднородную.

Однородная шерсть состоит из волокон одного типа: пуховых (тонкая), переходных или смеси грубого пуха и тонкого переходного волоса (полутонкая). По толщине, длине, извитости и другим внешним признакам эти шерстинки идентичны и составляют однородную массу шерсти. Неоднородная шерсть состоит из смеси различающихся по внешнему виду типов шерстинок: ости, пуха, переходного воло-

са. Вследствие разнотипности волокон шерсть характеризуется неуравненностью по толщине, длине, извитости, а иногда и по цвету. Смешанная шерсть делится на полугрубую и грубую [27].

Овцеводство хорошо сочетается с другими отраслями. Это имеет важное значение для эффективного использования земли, кормов, помещений. Высокая скороспелость в сочетании с высокой плодовитостью могут обеспечить быстрый оборот вложенных в отрасль средств.

Молодняк овец обладает сравнительно высокой энергией роста. За четыре месяца подсосного периода ягнята достигают массы 25-30 кг, при этом среднесуточные приросты достигают 250-300 г. Хозяйственная скороспелость овец определяется тем, что они в раннем возрасте дают полноценную продукцию. Так, смушки получают от ягнят 1-3 – дневного возраста, баранину и овчину от молодняка 6-8 – месячного возраста, полноценную в технологическом отношении шерсть в возрасте 13 месяцев.

Экстерьерные особенности овец в значительной степени зависят от направлений их продуктивности. Межпородные различия животных в пределах соответствующего направления продуктивности касаются таких показателей как складчатость кожи на шее и выраженность мясных качеств у тонкорунных овец, размер и форма курдюка у мясосальных овец. Половой диморфизм проявляется у овец в основном в отношении общих размеров баранов и маток, у тонкорунных овец – еще в развитии и складчатости кожи на шее. У большинства тонкорунных грубошерстных овец бараны имеют довольно большие рога, а матки, как правило, комолые. По телосложению овец достаточно эффективно можно определить характер продуктивности, конституцию и экстерьер, возможность использовать маточное поголовье при промышленном содержании и выращивании.

1.3.2 Способы содержания и выращивания овец разных половозрастных групп

Овцеводческая отрасль может быть экономически выгодной при одновременном производстве шерсти и мяса. Практика зарубежного и отечественного овцеводства подтверждает это положение. В странах с развитым овцеводством отрасль имеет мясную направленность продуктивности. Себестоимость баранины невысокая, так как откорм овец проводится на доступных сочных и грубых кормах.

Особенность овцеводства как отрасли сельского хозяйства в Беларуси заключается в том, что это дополнительная отрасль, призванная в основном удовлетворять внутреннюю потребность. Основным направлением хозяйствования является скороспелое мясо-шерстное, тонкорунное и полутонкорунное, а также мясо-шубное грубошерстное овцеводство. Плановыми породами принято считать: прекос, латвийскую темноголовую и романовскую. Наиболее экономически эффективно разведение овец романовской породы, обладающей уникальным многоплодием, являющимся одним из важнейших условий высокой мясной продуктивности.

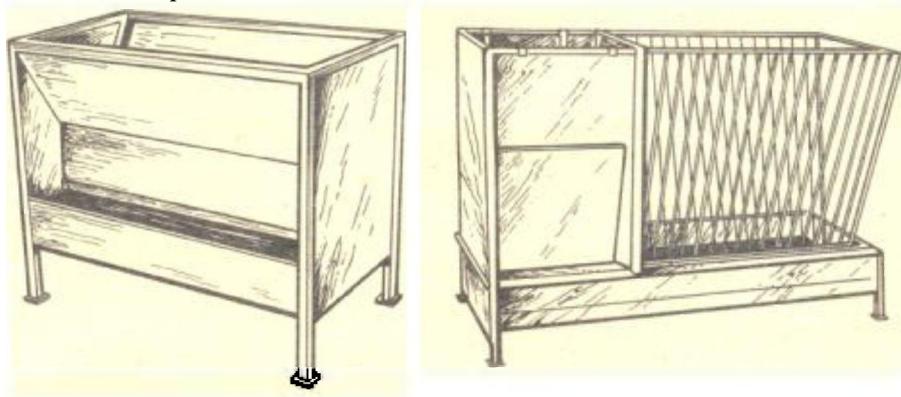
В хозяйствах Беларуси оправданно применение интенсивной технологии производства продукции овцеводства, которая предусматривает максимальную реализацию биологического потенциала разводимых овец, а также более полное и эффективное использование всех видов продукции, получаемых от овец, – шерсти, мяса, овчин, молока и др.

Климат Беларуси в основном благоприятный для произрастания большинства сельскохозяйственных культур: озимых и яровых зерновых, картофеля, кормовых корнеплодов, многолетних трав, это создает основу для прочной кормовой базы. Однако природно-климатические условия (продолжительная зима, холодные и влажные осень и весна) ограничивают пастбищный сезон до 150-160 дней в году и требуют строительства капитальных помещений для зимнего стойлового содержания овец и проведения зимнего окота. Низкое содержание сухих веществ в пастбищной траве предопределяет необходимость подкормки овец, особенно молодняка, концентратами. Мягкие почвы и обилие осадков замедляют естественное стирание копытного рога, что вынуждает не менее трех раз в год проводить обрезку копыт.

В условиях Беларуси используется стойлово-пастбищный способ содержания овец. Зимой все поголовье содержится на стойле, летом матки, ремонтный молодняк, в теплую погоду и ягнята выпасаются на пастбище. Продолжительность зимнего стойлового периода составляет в среднем 200 дней с колебаниями от 185 до 215, летнего пастбищного – 165 с колебаниями от 150 до 180 дней.

Внедрение системы интенсивного производства продуктов овцеводства основывается на сокращении периода стойлового содержания овец и увеличении пастбищного оздоровительного для животных периода, что является значительным резервом экономии кормов и снижения затрат на овцеводческую продукцию.

В зимний период овец размещают в овчарнях по половозрастным группам: матки, ремонтные ярки, ягнята до года, выбракованные взрослые овцы, молодняк на откорм, бараны-производители. Способ содержания овец в зимний период – стойловый с использованием подстилки (соломы), в летний – выгульно-пастбищный с использованием огороженных загонов пастбищ и выгулов. Обязательными условиями зимнего содержания овец является достаточная площадь пола стойла, ширина места кормления для одного животного, а также температура, освещенность и вентиляция помещения. Особенно высокие требования к микроклимату (температуре, влажности и загазованности) предъявляются к овчарням-маточникам, где проводится зимнее ягнение и выращивание ягнят под матками до отъема.



а

б

Рисунок 1.3.2.1 Виды кормушек:

а - прямоугольная бункерная кормушка КБО-10;

б - кормушка комбинированная ККО-2

Кормление овец на стойле осуществляется два раза в сутки из кормушек, расположенных вдоль кормового прохода внутри овчарни. Основными кормами в зимний период являются: силос, сенаж, сено, корнеклубнеплоды и концентраты. Примерный рацион для суягной овцематки массой 50-60 кг: сено – 1,5 кг, силос – 2 кг, дерть зерна – 0,3 кг или сенаж – 2,5 кг, корнеклубнеплоды – 1,5 кг, комбикорм – 0,3 кг, соль поваренная – 13 г. Примерный рацион для лактирующей овцематки такой же живой массы с одним ягненком: сено – 1,5 кг, силос – 4 кг, дерть зерна – 0,5 кг, поваренная соль – 15 г. Картофель можно

давать овцам сырым и вареным, а корнеклубнеплоды перед скармливанием необходимо помыть. Дополнительно к основным кормам используются белковые, минеральные и витаминные добавки: жмыхи, травяная мука, веточный корм. Из минеральных подкормок обязательны поваренная соль и мел. Овцы при хорошем кормлении легко переносят любые морозы, но страдают от избыточной влажности, сквозняков и сырой подстилки. В летний период наиболее рациональный способ использования пастбищ – загонный, через ограждения их постоянной или переносной (электрической) изгородью с поочередным стравливанием травостоя в загонах без постоянного присутствия пастуха. На ночь овец оставляют в загонах с открытыми навесами (летнем лагере) или выпускают в выгулы, прилегающие к овчарням.

В хозяйствах Беларуси прогрессивен способ крупногруппового одноступенчатого выращивания ягнят. Отличительной особенностью его является формирование группы маток с ягнятами вскоре после рождения. Состав группы не меняется до отбивки ягнят от матерей. Традиционно принято проводить отъем (отбивку) ягнят от маток в 4-месячном возрасте. Такой период отбивки характерен для интенсивных методов ведения овцеводства, главным образом шерстного направления. В мясошерстном овцеводстве, где производство молодой баранины является главной целью разведения овец, экономически эффективна более ранняя отбивка ягнят (в 2 мес.) с последующим интенсивным выращиванием и откормом молодняка. Данный метод выращивания молодняка основывается на их биологической особенности: они растут наиболее интенсивно в первые месяцы жизни. Период наиболее интенсивного роста приходится на возраст от рождения до 2-3 мес.

При условии полноценного кормления среднесуточные приросты живой массы ягнят мясошерстных районированных пород составляют от рождения до 20 дней – 240 г, от 20 до 60 дней – 25-300 г, от 60 до 120 дней – 235 г и от 120 до 140 дней – 75 -100 г. Основными факторами, влияющими на интенсивное выращивание рано отнятых ягнят, являются величина их живой массы при отбивке, качество и полноценность кормления. Для успешного интенсивного выращивания ягнят их живая масса к моменту отъема от маток должна быть не менее 10-12 кг. Ягнята, имеющие меньшую массу, плохо приучаются к поеданию кормов, отстают в росте, часто болеют.

Овцы – скороспелые животные. Половое созревание у ярочек начинается в возрасте 4-5 мес., у баранчиков – в 6-9 мес. Обычно в

первую случку ярок и баранов тонкорунных пород пускают в 18-месячном возрасте, когда они достигают лучшего физиологического развития. У скороспелых овец мясошерстных и некоторых других пород половая зрелость наступает значительно раньше, чем у позднеспелых, и при нормальных условиях кормления ярки в возрасте 9-10 мес. становятся половозрелыми и в 14-15 –месячном возрасте могут ягниться. У молодняка романовских овец половая зрелость наступает рано. При хорошем кормлении и содержании ярки в 10-12 –месячном возрасте становятся вполне пригодными для случки и получения приплода. Ярок породы прекос и латвийской темноголовой следует случать при достижении ими живой массы не менее 40 кг, а романовской – 33 кг. Оптимальным сроком случки овец является август и сентябрь. При ранней случке матки, находясь на зеленых пастбищах, дружно приходят в охоту, лучше оплодотворяются и приносят больше ягнят. В отару маток и ярок случного возраста поочередно пускают на неделю баранов-производителей, подготовленных к этому времени по упитанности и проверенных на качество спермы.

Продолжительность полового цикла овцематки (время от начала одной охоты до другой) составляет в среднем 16-17 дней (с колебаниями от 14 до 19 дней). Половой цикл делят по поведению самки на две основные стадии: одна – течка и половая охота и вторая – половой покой. Охота у маток длится в среднем 24-38 ч. (иногда до 3 сут.). Суягность овцы продолжается около 5 мес. (от 144 до 155 дней, чаще 152 дня).

Желательно, чтобы ягнение маток проходило в январе – феврале. В зимний период хорошие результаты получают, если ягнение овец происходит в благоустроенных помещениях при оптимальных условиях для сохранения и нормального развития ягнят.

Перед началом ягнения в наиболее теплой части овчарни устраивается родильное отделение (тепляк) с клетками-кучками размером 1×1 м. Они выгораживаются из щитов и обогреваются подвешенными сверху лампами-термоизлучателями. Ягнение овец большей частью происходит ночью. Утром овцу с ягненком (ягнятами) переводят в клетки-кучки на 1-3 дня, где матка привыкает к ягненку.

Молочный период продолжается до 28-35 –дневного возраста ягнят. Молодняк, выращенный интенсивно, к 7-месячному возрасту достигает высоких удойных кондиций – 43-45 кг при затратах корма на 1 кг прироста живой массы от 6,8 до 7,5 корм. ед.

1.3.3 Фермы и комплексы по производству овцеводческой продукции, условия содержания овец

Промышленная технология производства продукции овцеводства рассчитана на механизацию и автоматизацию всех основных производственных процессов, использование биологически полноценных кормов с учетом возраста и биологического состояния животных, создание оптимальных зооигиенических условий их содержания. В настоящее время наряду со строительством отдельных овчарен, которое определяется традиционной технологией постарного содержания овец с использованием близлежащих пастбищ для выпасов, проектируют и строят средние и крупные овцеводческие предприятия. По назначению овцеводческие предприятия могут быть специализированными и неспециализированными, с полным и неполным циклом производства продукции, внутрихозяйственными и межхозяйственными, племенными и товарными.

Специализация овцеводства предусматривает организацию крупных хозяйств, ферм и комплексов. Высшей формой специализации является межхозяйственное кооперирование и создание овцеводческих объединений.

Для тонкорунного и полутонкорунного направления продуктивности к настоящему времени сложились следующие типы предприятий:

- комплексы и фермы маточные специализированные на 3, 6, 9 и более тыс. голов;
- комплексы и фермы маточные неспециализированные с законченным оборотом стада на 1,5; 3; 6 и 9 тыс. скотомест;
- комплексы и фермы-площадки специализированные для выращивания ремонтного молодняка на 3; 6 и 9 тыс. скотомест и более;
- фермы-площадки, специализированные для откорма молодняка и взрослого поголовья овец на 5; 10; 15; 20; 30 тыс. скотомест.

В приусадебных хозяйствах овец содержат в специально приспособленных помещениях различного типа.

На одну овцематку выделяют 1,5 м² площади, на овцематку с приплодом – 2,2-2,5 и на каждого ягненка в возрасте 8-12 месяцев – около 0,6-0,8 м². Для барака выделяют стойло площадью 2,0-2,5 м² с прочным ограждением высотой около 1,5 м.

Полы в овчарне делают, как правило, деревянные, глинобитные или земляные. Подстилку добывают через 2-3 дня. Пол овчарни обильно застилают соломой. Из подстилки постепенно образуется плотный соломенный матрац, который хорошо впитывает влагу, мочу, и в овчарне не бывает сырости.

Рядом с овчарней обязательно устраивают выгульный дворик (базок). Он должен быть достаточно просторным (в среднем 2-4 м² на голову) и обнесен оградой не ниже 1 м из жердей, доски-щелевки и других материалов. Для защиты от ветров сооружают переносную щитовую стенку.

Кормушки для овец должны быть рассчитаны на грубые корма, сочные, а также концентраты, минеральные добавки и кормосмеси. Фронт кормления для взрослой овцы составляет 25-35 см, для ягненка – 15 см. Если он будет меньше, овцам тесно у кормушки, и более сильные оттесняют слабых. В так называемых ясельных кормушках наклонная решетка, на которую кладут более грубые корма, опирается на корпус кормушки со сплошными стенками и дном для концентратов и сочных кормов.

Поилки для овец делают обычно в виде плотно сколоченных деревянных корыт. Высота и ширина водопойного корыта – 30-40 см, а длину определяют из расчета 25 см фронта поения на каждую овцу. В поилках всегда должна быть чистая вода. Обоснование строительства того или другого типа комплекса, фермы и их мощность основывается на технико-экономической целесообразности. В соответствии с природно-климатическими условиями, принятой технологией производства овцеводческой продукции, наличием кормовой базы определяется количество помещений и размер фермы или комплекса.

Для производственной деятельности овцеводческих предприятий большое значение имеет обоснованный выбор участка под строительство. Участок должен быть сухим, незатопляемым, иметь достаточный уклон (3-5%) для отвода дождевых и талых вод. Размеры отобранного участка принимают с учетом перспективного расширения предприятия (приблизительно из расчета 10-15 м² на животное).

При решении взаимного размещения зданий и сооружений на участке соблюдается принцип зонирования. Предусматривают следующие зоны:

– производственную, состоящую из овчарен с базами и кормовыми площадками; цеха искусственного выращивания ягнят, если он

предусмотрен заданием, пункта искусственного осеменения с бараником или без него, то есть зданий и сооружений, непосредственно используемых для содержания животных;

- зону ветеринарных объектов, включающую ветпункт со стационаром и изолятором, купочную ванну, площадки для зооветработок, убойный пункт;

- зону подсобно-вспомогательных зданий и сооружений, состоящую из кормоцеха и складских помещений, гаража и площадок для машин, навесов и площадок для грубых кормов.

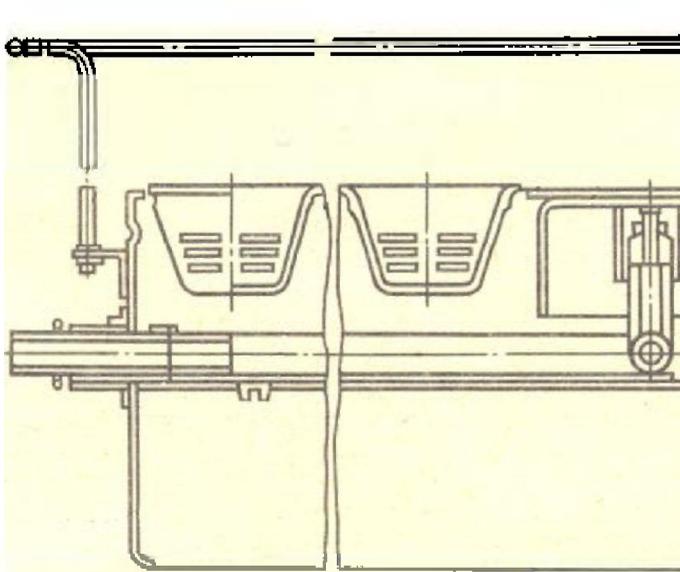


Рисунок 1.3.3.1 Поилка ПКО-2

На современном этапе в тонкорунном и полутонкорунном овцеводстве используются следующие основные производственные здания и сооружения:

- овчарня на 600-1000 маток для ягнения овец и выращивания ягнят. Оборудована тепляком и родильным отделением;

- овчарня на 800 маток для группового ягнения при циклическом осеменении. Вся овчарню оборудуют под родильное отделение или для выращивания ягнят в сакманах; овчарни для ягнения после расплодной кампании используют также для выращивания ягнят;

– овчарня на 1000-3000 маток. Часть овчарни оборудуют под родильное отделение, другую часть – для выращивания ягнят в сакманах;

– овчарни или цех для ягнения. Предназначается для всего поголовья или части маток на ферме или комплексе при круглосуточном ягнении;

– овчарня (разной вместимости) для выращивания и откорма молодняка овец и взрослого поголовья;

– баранник (разной вместимости) для содержания племенных баранов-производителей, баранов-пробников и ремонтного молодняка.

На овцеводческих фермах для организации технологических процессов необходимо использовать наиболее рациональное оборудование: кормушки, обеспечивающие минимальные потери кормов, средства для автопоения, создания микроклимата, установки для зооветеринарных обработок.

Машины и оборудование для механизации производственных процессов в овцеводстве должны удовлетворять следующим требованиям:

– возможность их максимального использования в течение года;

– высокая надежность и долговечность;

– простота в управлении;

– минимальная зависимость от изменений в способах содержания овец.

Для создания микроклимата в овчарнях устанавливается оптимальная температура – влажностный режим воздушной среды. При устройстве систем вентиляции и отопления учитывается, что нормальная жизнедеятельность организма животных определяется не одной температурой, а сочетанием благоприятных для организма температур, относительной влажностью и скоростью движения воздуха. Следует учитывать, что высокие температуры воздуха в основном необходимы для нормальной жизнедеятельности ягнят. Взрослые овцы хорошо переносят отрицательные температуры воздуха (табл. 1.10).

Рекомендуемая температура воды в поилках с подогревом 8-12 °С. Оптимальная температура воды для поения овец в родильном отделении 18-20 °С. В традиционных овчарнях, как правило, используют приточно-вытяжные естественные системы вентиляции. При этом удаление загрязненного воздуха осуществляется из верхней зоны помещения через вытяжные вентиляционные трубы. Свежий

приточный воздух в помещение поступает через открытое окно и ворота. Вытяжные вентиляционные трубы работают за счет напора, вызываемого разницей удельных весов теплого воздуха внутри помещения и холодного наружного. При установке в оголовках вентиляционных вытяжных труб дефлекторов в них создается дополнительный напор за счет использования энергии ветра.

При содержании овец на овцекомплексах в широкогабаритных овчарнях на глубокой соломенной подстилке наиболее эффективны вентиляционные системы с поступлением свежего воздуха в верхнюю зону помещения, подогреваемого при необходимости с помощью электрокалорифера.

Таблица 1.10 – Параметры воздушной среды в овцеводческих помещениях

Назначение помещений	Температура воздуха, °С		Максимально допустимые		
	оптимальная	минимальная	относительная влажность, %	скорость движения, м/с	концентрация CO ₂ , %
1	2	3	4	5	6
Помещение для проведения ягнения с использованием ламп-термоизлучателей	+8	+6	80	0,2	0,3
Помещение для проведения ягнения без использования ламп-термоизлучателей	+16	+10	80	0,2	0,3
Помещение для содержания маток с приплодом	+12	+8	80	0,3	0,3
Помещение для содержания молодняка	+5	-5	85	0,5	0,3
Помещение для искусственного выращивания ягнят на 30м	+18	+15	75	0,2	0,3
Пункт искусственного осеменения	+20	+15	75	0,2	0,3

В овчарнях со щелевыми полами устраивают принудительную приточно-вытяжную вентиляцию с подачей свежего воздуха также в верхнюю зону помещения и удалением загрязненного воздуха из-под щелевых полов. При использовании таких систем вентиляции свежий воздух движется сверху, что исключает сквозняки и подсосывание загрязненного воздуха из приемков для накопления навоза через щели пола в зону содержания животных.

Освещенность овцеводческих помещений является важным фактором микроклимата, оказывает существенное влияние на физиологическое состояние животных.

При оптимальном световом режиме у них увеличивается газообмен, улучшаются функции сердечно-сосудистой системы, улучшается белковый, углеводный и минеральный обмен.

Освещение помещений предусматривает создание необходимых условий освещенности на рабочих местах, в рабочих зонах и оптимальный световой климат (табл. 1.11).

Во всех овцеводческих помещениях нормированная освещенность должна быть обеспечена на протяжении светового дня длительностью 10-16 ч, при которой наблюдается наибольшая продуктивность животных. Выбор типа светильников определяется их светораспределением, конструктивными особенностями помещений и характеристиками среды.

Таблица 1.11 – Нормы освещенности и коэффициент естественной освещенности

Помещение	Освещенность, лк		Значение КЕО, %	Поверхность, для которой нормируют КЕО
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания		
Для содержания маток, баранов	-	30	-	пол
Тепляк с родильным отделением	100	30	-	пол клетки

1.4 Технология производства яиц и мяса птицы

1.4.1 Хозяйственно-биологические особенности птицы

Птицеводство является одной из и специфических отраслей агропромышленного комплекса, производящей высокоценные продукты питания – яйцо и мясо преимущественно диетического качества, а также побочную продукцию – перо и пух, боенские и инкубационные отходы и ценное органическое удобрение – птичий помет. При производстве яиц и мяса птицы конверсия корма выше в 1,5 раза, чем при производстве свинины, и в 2,5 раза, чем при производстве говядины.

Такие биохозяйственные качества, как высокая круглогодичная яйценоскость кур, высокая энергия роста молодняка разных видов птицы, в особенности мясной, скороспелость (ранний возраст получения продукции или реализации на мясо), высокая оплата корма и плодовитость, возможность осуществлять воспроизводство поголовья за счет использования искусственной инкубации, короткий срок эмбрионального развития (21-30 дней), всеядность птицы делают отрасль птицеводства высокотехнологичной, экономичной и быстрокупаемой. Птицеводство, кроме того, отличается меньшей сезонностью производства, что позволяет рационально использовать трудовые ресурсы, помещения, равномерно обеспечивать население продуктами, получать ежедневную денежную выручку, что в условиях рыночных отношений весьма важно.

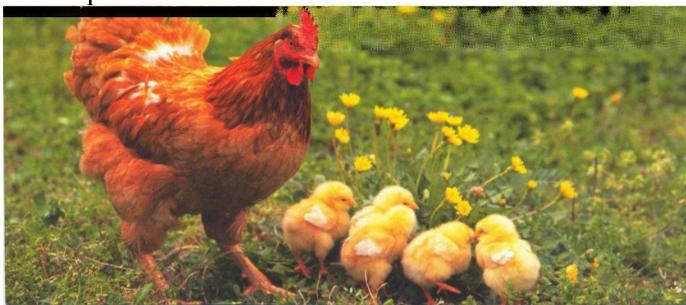


Рисунок 1.4.1.1 Курица с цыплятами мясояичного направления продуктивности

К биологическим особенностям птиц, нежелательным для современной технологии, можно отнести повышенную требовательность их к качеству корма, к повышенной температуре помещений при выращива-

нии молодняка в начальный возрастной период, высокий расход энергии корма на повышенную активность птицы и образование скорлупы яиц, сравнительно короткий срок продуктивного использования птицы, особенно при интенсивной технологии содержания.

Высокие положительные биологические качества птицы определяются повышенным уровнем обменных процессов. У птицы повышенная, по сравнению с животными, нормальная температура тела (40-42 °С), потребность в кислороде в 3 раза и выделение кислоты, тепла и водяных паров в 5-6 раз больше в расчете на 1 кг живой массы, чем у животных. Это требует при содержании большого поголовья птицы в помещении применения вентиляции.

Основной особенностью птицы является высокая интенсивность роста, прежде всего в раннем возрасте у молодняка. При выращивании на мясо цыплята-бройлеры к периоду убоя увеличивают свою первоначальную массу в 45-50 раз, утята – в 60-65 раз.

Сельскохозяйственная птица имеет исключительно высокую воспроизводительную способность. Очень важным биологическим свойством является высокая плодовитость. Это при коротких сроках инкубации способствует получению большого количества потомства от одной самки родительского стада: от курицы яичного направления продуктивности – 200, курицы мясного направления – 130, утки – 160, индейки – 80. Птица обладает ранней половой зрелостью, и яйцекладка у кур яичных пород начинается в возрасте 140-150 дней, у уток – 180-195. У большинства сельскохозяйственной птицы инстинкт насиживания почти подавлен, что повышает ее продуктивность. При создании условий взрослая птица дает продукцию круглый год.

Весьма важным свойством птицы является всеядность, что позволяет использовать различные корма растительного и животного происхождения.

Среди птиц выделяют в основном два типа конституции: нежный плотный (крепкий сухой) и нежный рыхлый (крепкий сырой). Птица яичного направления продуктивности имеет нежный плотный тип конституции. Для нее характерны небольшие размеры и живая масса, способность к быстрому росту, ранней половой зрелости и интенсивной половой деятельности, выражающейся в высокой яйценоскости и оплодотворяемости яиц. Птица этого типа подвижна, с жи-

вым темпераментом, повышенным уровнем обменных процессов, сильной реакцией на внешнее изменение среды обитания [28].

Экстерьер птицы нежного плотного типа конституции характеризуется удлиненным корпусом, легкой головой с большим гребнем и сережками, довольно тонкой шеей, длинной спиной, объемистым животом, широко расставленными ногами, плотным оперением. Костяк тонкий, мышцы плотные, кожа тонкая и плотная.

Птица мясного направления продуктивности имеет нежный рыхлый тип конституции, и ей присущи признаки, противоположные яичной птице.

Птица мясояичного (комбинированного) направления продуктивности занимает промежуточное положение между описанными типами конституции, с уклоном в один из этих двух типов.

Признаками крепкой конституции у птицы являются: широкая голова с крепким, правильно сформированным клювом; выпуклые блестящие глаза; глубокое, широкое и достаточно длинное туловище, поставленное на крепкие, широко расставленные ноги. Большое значение имеет крепость костяка, так как излишне тонкий костяк характерен для слабой конституции. Оперение у птицы крепкой конституции обильное, плотное.

По состоянию гребня определяют интенсивность яйцекладки кур в данное время. У интенсивно несущихся кур и перед началом яйцекладки гребень увеличивается и становится ярко-красным, эластичным. По мере прекращения яйцекладки он бледнеет.

1.4.2 Способы содержания и выращивания птицы разных половозрастных групп

В птицеводстве используют три варианта содержания птицы: в клеточных батареях, на глубокой подстилке, на сетчатых полах в сочетании с подстилкой (комбинированный). На полу с использованием подстилочного материала (древесной стружки, резаной соломы) обычно содержат и птицу с высокой живой массой. Как правило, это птица мясного направления продуктивности: индейки, гуси и куры мясных пород.

На специализированных предприятиях яичного направления (птицефабриках) кур-несушек промышленного стада содержат в клеточных батареях различного типа, которые могут иметь от одного до

четырёх и более ярусов. В каждую клетку сажают в среднем от 3 до 5 кур. Все технологические процессы по уходу за птицей механизированы и автоматизированы.

Для нормальной продуктивности каждая курица-несушка должна быть обеспечена площадью клетки не менее 400 см² при ширине кормления 8-10 см и поения – 2 см на 1 гол. Особое внимание уделяется созданию в помещениях оптимального микроклимата. Для кур вредна как низкая температура (ниже 5°С), так и высокая (свыше 24 °С). Оптимальной температурой в помещении для клеточных несушек считается 15-18 °С при относительной влажности воздуха 60-70%.



Рисунок 1.4.2.1 Содержание кур-несушек в клеточных батареях

Чистота воздуха приобретает особое значение в условиях кон-

центрации большого поголовья в замкнутом помещении. Количество свежего воздуха, подаваемого в помещение, регулируют в зависимости от температуры. В воздухе контролируют содержание вредных соединений – сероводорода, аммиака и углекислого газа.

На жизнеспособность и продуктивность кур большое влияние оказывает пылевая и бактериальная загрязненность птицеводческих помещений. Главным их источником являются корма, частицы пуха, пера, перхоти, высохшего помета. Проникая в дыхательные пути, пыль вызывает раздражение слизистой оболочки, является переносчиком возбудителей инфекционных заболеваний и источником заражения птицы во всем помещении. Для удаления пыли и вредных газов, а также подачи кислорода в помещении устанавливают вентиляционное оборудование системы «Климат», которое работает в автоматическом режиме по заданной программе. Важна также скорость движения воздуха в помещении, так как для кур вредны сквозняки. Нельзя допускать большого шума в помещении для птицы.

Важным фактором внешней среды, который оказывает большое влияние на половое созревание, яйценоскость и поведение птицы, является свет. Именно весной, с возрастанием светового дня, начина-

ется интенсивная яйценоскость. Поэтому, управляя световым воздействием, можно влиять на яйценоскость. При этом интенсивность освещения влияет на продуктивность птицы меньше, чем его продолжительность. Продолжительность светового дня постепенно увеличивают с 9 часов для 6-месячной птицы до 18 часов – для 8-месячной.

При использовании механизированных и автоматизированных клеточных батарей уход за курами-несушками сводится в основном к наблюдению за птицей, своевременному удалению слабых и непродуктивных особей, поддержанию помещения и оборудования в необходимом санитарном состоянии.

Клеточных несушек для получения яиц используют, как правило, в течение первого года яйцекладки. Но в некоторых случаях, например, при недостатке ремонтного молодняка, клеточных несушек используют и в течение второго года яйцекладки. При этом для повышения интенсивности яйценоскости и улучшения качества яиц кур принуждают к линьке.



Рисунок 1.4.2.2 Содержание уток

В приусадебных хозяйствах птицу обычно содержат на полу, используя подстилку. При этом на 1 м² пола размещают 1 индейку или 1 гуся, 3 утки или мясояичные куры, 4 курицы яичных пород. При выращивании молодняка на мясо на 1 м² площади пола размещают 16 цыплят или 6 гусят в возрасте до 9 недель, 8 утят до 55-дневного возраста, 4 индейки до 120 дней.

Развитие зародыша у птиц в отличие от млекопитающих происходит вне материнского организма. Процесс развития зародыша, выведение молодняка птиц из яиц называется инкубацией. Инкубация бывает естественной, если молодняк выводят под наседками, и искусственной, если для этой цели пользуются специальными аппаратами (инкубаторами), конструкция которых обеспечивает все условия, необходимые для развития зародыша.

Искусственная инкубация яиц дает возможность устранить сезонность в производстве яиц и откорме молодой птицы и в течение всего года получать высокоценные продукты питания. У птицы зародыш очень быстро растет и эмбриональный период развития короткий: у кур – 20-21 день, уток и индеек – 27-28 дней, гусей – 29-31 день.

Технология инкубации имеет три основных этапа: прединкубационная обработка яиц, инкубирование, обработка цыплят и оборудования после окончания инкубации. Первый этап начинается со сбора инкубационных яиц в птичнике и заканчивается после ряда операций с закладкой яиц в инкубатор. Второй этап включает такие работы, как поддержание необходимых условий инкубирования, контроль работы машин, биологический контроль развития эмбрионов, обеспечение необходимых условий для вывода. Третий этап начинается выборкой цыплят из инкубатора и заканчивается их сдачей на выращивание. Затем проводят мойку, очистку и дезинфекцию оборудования. Чем раньше после снесения яйца будут заложены в инкубатор, тем выше будет вывод, лучше качество полученного молодняка.

Перед инкубацией срок хранения куриных яиц не должен превышать 6 дней, утиных и индюшечьих – 8, гусиных – 10 дней. При хранении яиц в помещении яйцеклада температура поддерживается в пределах 8-12 °С, влажность воздуха 70-80%. Для инкубации яйца отбирают по внешним признакам и путем овоскопирования. От массы яйца зависит живая масса суточного цыпленка, составляющая 65-75% массы яйца до инкубации. Для инкубации отбирают яйца кур массой не менее 54 г, уток – 74, индеек – 70, гусей – 120-180 г.

Непригодными для инкубации считают яйца неправильной формы (круглые, длинные, сдавленные), имеющие дефекты скорлупы (бой, насечка, трещина, тонкая скорлупа, известковые наросты), грязные, двухжелтковые, со смещенным белком и желтком (красн.), со смещенной, подвижной или блуждающей воздушной камерой. Важно, чтобы воздушная камера находилась в тупом конце, а не сбоку или в остром конце яйца, так как это затрудняет дыхание и освобождение цыпленка из скорлупы.

Хорошим признаком, указывающим на высокие инкубационные качества яиц, является цвет желтка. Установлено, что при полноценном кормлении птицы, особенно при обеспечении ее витаминными кормами, цвет желтка обычно ярко-желтый или оранжевый. Из таких яиц выводится крепкий, жизнеспособный и хорошо пигментированный молодняк. Белок яйца должен быть плотным, не разжиженным, а желток должен находиться в центре яйца.

Режим инкубации яиц создается определенным сочетанием физических факторов: температуры, влажности воздуха и воздухообмена. В первой половине инкубации зародыш испытывает большую по-

требность в обогреве. Во второй период развития эмбрионы выделяют физическое тепло. Поэтому в середине периода инкубации необходимо уменьшить обогрев, понизить влажность и увеличить воздухообмен. К концу инкубации температура внутри яйца поднимается до 41 °С, поэтому нужно увеличить вентиляцию, чтобы предотвратить перегрев. Оптимальной для развития эмбриона является температура 37-38°С. Выведенный молодняк птицы малоподвижен, пух у него влажный. В течение 3-4 час. его оставляют в инкубаторе, чтобы он мог обсохнуть и окрепнуть. Хорошие, здоровые цыплята характеризуются следующими признаками: крепко стоят на ногах, подвижны, быстро реагируют на стук, приближаясь к его источнику, имеют мягкий подобранный живот, упругий киль грудной кости, яркие блестящие глаза, мягкий, ровный, блестящий пигментированный пух, короткий толстый клюв, крылья плотно прижаты к корпусу.

При организации выращивания молодняка необходимо учитывать особенности роста и развития, требования к факторам внешней среды. Известно, что в первые 10 дней у цыплят несовершенная терморегуляция. Как низкая, так и высокая температура отрицательно влияют на аппетит, рост и развитие молодняка. В это время у цыплят высокая скорость роста, рассасывается остаточный эмбриональный желток, развивается функциональная деятельность органов и тканей. Это самый ответственный период при выращивании цыплят.

Следующий (условно выделенный) период – 11-30 дней. В это время молодняк интенсивно растет, усиливается теплообразование, начинают появляться половые признаки. К концу периода его живая масса увеличивается в 10 раз. С 30 до 60-дневного возраста заканчивается формирование первичного пера. По сравнению с первым месяцем выращивания их живая масса удваивается. У цыплят закрепляются условные рефлексы, особенно на кормление, световой режим. С 61 до 120-дневного возраста идет процесс формирования органов яйцеобразования. Молодняк яичных кур выращивают в клетках. Оптимальной температурой для молодняка в суточном возрасте считается 33 °С, к недельному возрасту ее снижают до 28 °С, а к шестой неделе и до конца выращивания – 18-16 °С. Оптимальная относительная влажность во все периоды выращивания – 60-70%. На рост и развитие молодняка большое влияние оказывает свет и в первую очередь - продолжительность освещения.

Продолжительность светового режима влияет на продолжительное развитие организма, яйцеклетку, массу яиц, органы размножения и дальнейшую продуктивность. Сокращение светового режима способствует пропорциональному развитию молодняка и равномерной яйцекладке в последующий период. Поэтому применяют следующий световой режим. В первую неделю световой режим продолжается 23 час. 30 мин., во вторую – 17 час. и далее каждую неделю сокращается на 30 мин и 18-й неделе уменьшается до 9 час. в сутки.

Цыплята очень чувствительны к сквознякам, особенно до появления у них контурных перьев, в связи с этим скорость движения воздуха в птичнике ограничивают. Контролируют в воздухе содержание вредных газов и пыли.

Кормить и поить цыплят начинают сразу же после приема на выращивание. В первые пять дней жизни цыплятам скармливают специальный рацион, в состав которого входят корма, содержащие легкопереваримые и легкорастворимые питательные вещества. Желательно, чтобы этот рацион включал 50% кукурузы, 14 - пшеницы, 10 – ячменя или овса без пленок, 14 – соевого шрота, 12% сухого обрат. Кормовые компоненты должны быть крупного помола в виде крупки с размером 1-2 мм. В дальнейшем для кормления цыплят яичного направления используют полнорационные комбикорма, в составе которых в первые 8 недель выращивания должно содержаться 20 г сырого протеина в расчете на 100 г кормосмеси, а в последующем, до 22-недельного возраста, - 14 г. До 8-недельного возраста молодняк следует кормить вволю. Затем рекомендуется применять ограниченное кормление. Оно предупреждает чрезмерное увеличение живой массы молодняка, повышает устойчивость организма к отрицательным воздействиям окружающей среды, увеличивает использование питательных веществ корма и является эффективным методом экономии корма. В возрасте 21 недели молодняк переводят на рацион взрослых кур. Наибольший эффект дает выращивание на мясо молодняка гибридной птицы. Бройлер – это гибридный мясной цыпленок, выращенный на мясо и отличающийся интенсивным ростом, нежным мясом, мягкими хрящами грудной кости, эластичной и гладкой кожей. Цыплята-бройлеры к 7-недельному возрасту могут достигать живой массы 1,8-2 кг при затратах 2-2,2 кг корма на единицу прироста.

Развитию этой отрасли способствуют интенсивный рост бройлеров и технологичность отрасли. Для этого используется промышлен-

ленный поточный способ производства продукции при высоком уровне механизации и автоматизации производственных процессов. При промышленном производстве мяса бройлеров применяют две системы содержания:

- напольная, при размещении молодняка на глубокой несменяемой подстилке или сетчатых полах;
- в клеточных батареях.

Не менее чем за сутки до посадки суточных цыплят в помещении создают необходимую температуру и влажность воздуха. Электробрудеры, применяемые в первые 3 недели при напольном выращивании, опускают в крайнее нижнее положение и под ними создают температуру 35-30 °С в первую неделю, а затем ее снижают до 29-26 °С.

В дальнейшем температуру в цехе поддерживают на уровне 20-17 °С при относительной влажности 65-70%. Вокруг брудера на расстоянии 70-80 см от края зонта ставят ограничения (специальные ширмочки), чтобы цыплята не удалялись дальше от источника обогрева и не переохлаждались.

Под брудер сажают 550-560 цыплят прямо на корм, чтобы они как можно раньше начали его потреблять. В бройлерном птицеводстве применяют круглосуточное освещение птичника. В ночное время интенсивность освещения существенно снижают.

Кормление бройлеров осуществляют в зависимости от возраста птицы. В первый период (до 4-недельного возраста) в связи с интенсивным ростом бройлерам скармливают высокопротеиновые и высокоэнергетические рационы. В этот период в комбикорма включают 62-66% зерновых кормов (кукуруза, пшеница, ячмень), 18-20 – шротов, 10-11 – животных кормов (рыбная мука, сухой обрат), 5-6 – кормовых дрожжей, 2-3 травяной муки, 1-2,5 – кормового жира и 1% минеральных кормов.

С увеличением возраста птицы изменяют содержание питательных веществ в 100 г комбикорма: уменьшают количество протеина с 22-23 до 18,5-21 г в расчете на 100 г кормосмеси. Проводят увеличение количества жира (до 5%).

Количество потребляемого цыплятами корма зависит от возраста и увеличивается в среднем от 15 г в первую неделю жизни до 130 г к концу выращивания.

1.4.3 Фермы и комплексы по производству птицеводческой продукции, условия содержания птицы

Размеры птицеводческих товарных предприятий яичного направления определяются по среднегодовому поголовью кур-несушек промышленного стада; мясного направления – по числу сдаваемых в год бройлеров (цыплят, индюшат, утят, гусят, цесарят, перепелят); племенных – по числу посадочных птицемест для взрослой птицы; специализированных – по числу выращиваемых в год гибридных кур-молодок, по годовой их реализации; инкубаторно-птицеводческих станций – по числу яйце-мест (куриных).

Производственные объединения могут быть двух типов: с сохранением юридической самостоятельности всех хозяйств, входящих в объединение, и с централизацией основных функций на головном предприятии, являющемся органом хозяйственного управления и несущим ответственность за производственную и финансовую деятельность подведомственных ему хозяйств.

Структура любого птицеводческого предприятия зависит от его специализации и объема производства. Основной производственной единицей является цех. Различают основные производственные, кормоприготовительные, обрабатывающие, перерабатывающие и вспомогательные цеха.

В основных производственных цехах осуществляются главные производственные процессы, связанные с разведением, кормлением и содержанием птицы. К ним относят цеха промышленного стада, родительского стада, инкубации, выращивания молодняка. Назначение кормоприготовительных цехов определяется способом кормления птицы, условиями снабжения птицеводческих предприятий кормами и сырьем для их приготовления и обогащения. К цехам обработки и переработки продукции относят цех сортировки и упаковки яиц, где яйца моют, очищают, сортируют, маркируют и временно хранят; цех убоя птицы, где птицу забивают и потрошат; цех мясных продуктов, консервов, меланжа, яичного порошка; цех утилизации отходов мясного производства; цех утилизации помета (переработка его на удобрение, компосты, кормовые добавки). Среди вспомогательных цехов главными являются котельные с тепловыми сетями; система водоснабжения и канализации; ремонтно-строительный цех; электроцех;

цех контрольно-измерительных приборов и автоматики, транспортный цех и др.

В производственных условиях для вывода молодняка сельскохозяйственной птицы применяется только искусственная инкубация, которая позволяет получать молодняк в течение года, ликвидировать сезонность в производстве яиц и мяса птицы. Количество цехов инкубации (инкубаториев) может быть один или несколько, в зависимости от мощности предприятия.

Помещения инкубатория располагаются на изолированной территории с наветренной стороны по отношению к другим производственным объектам.

Инкубаторий должен иметь следующие производственные помещения: помещение для приема яиц, помещение для сортировки яиц, камера для дезинфекции яиц, помещение для хранения инкубационных яиц, инкубационный зал, зал для перекладки яиц на вывод, выводной зал, зал для выборки молодняка, помещение для суточного молодняка, помещение для обработки молодняка, моченные, помещение для отходов инкубации, экспедиция, кладовая тары для молодняка, технические и вспомогательные помещения.

Все эти объекты инкубатория условно можно объединить в три основные производственные зоны: обработки яиц, инкубации и вывода, обработки молодняка. В инкубатории должны строго выполняться все ветеринарно-санитарные требования, ибо продукция этого цеха (живая птица) поступает затем в другие цеха и в другие хозяйства.

Организационно технология промышленного производства яиц включает:

- эффективное использование высокопродуктивной гибридной птицы;
- содержание кур в клеточных батареях;
- нормированное кормление и содержание птицы в закрытых птичниках большой вместимости;
- создание оптимального регулируемого микроклимата, светового режима;
- круглогодичное равномерное комплектование основного стада;
- равномерное в течение года производство яиц;
- переработку птицы на мясо;
- ветеринарную профилактику заболеваний птицы.

В цехе родительского стада производят гибридные инкубационные яйца, используемые для вывода ремонтного молодняка, которым комплектуют цех промышленного стада несушек. Поскольку яйцо производится в цехе родительского стада гибридное, молодняк отцовской и материнской родительских ферм завозят из племенных хозяйств или цеха по производству племенного молодняка.



Рисунок 1.4.3.1 – Клеточное содержание кур-несушек

Родительское стадо на птицефабриках составляет, в зависимости от их мощности от 5 до 20% от численности промышленных несушек. Его комплектуют по графику, не менее 4 раз в год, что обеспечивает равномерное производство инкубационных яиц в течение года.

В цехе выращивания ремонтного молодняка доставленных из инкубатория цыплят размещают по клеткам, строго соблюдая норму плотности посадки. Положение подножной решетки, высота борта кормушки, размер отверстий дверки должны обеспечить свободный доступ птиц к корму и воде и препятствовать их выпадению из клеток.

Функционирование цеха производства пищевых яиц направлено на максимальное получение продукции (яиц) от промышленного стада и эффективное использование производственных площадей. Кур-несушек в цехе содержат без петухов, так как для получения пищевых яиц оплодотворение не нужно.

Размер промышленного стада определяется проектной мощностью птицефабрики и может быть изменен за счет реконструкции цехов под новое оборудование. Для равномерного производства товарных яиц промышленное стадо кур-несушек в течение года комплектуют многократно, по графику, через определенные промежутки времени гибридными молодками не старше 17-недельного возраста.

Технологические принципы промышленного производства мяса птицы в основном такие же, как и при организации производства яиц. Предприятие имеет цех родительского стада, инкубаторий, цех выращивания ремонтного молодняка и молодняка на мясо, убойный и утилизационный цеха, а также вспомогательные объекты.

Технологический процесс организуется таким образом, чтобы обеспечить получение максимальных приростов живой массы, хорошую сохранность поголовья, высокий выход тушек первой категории при минимальных затратах корма и труда на единицу продукции.

Поголовье цеха родительского стада кур зависит от мощности бройлерного предприятия. Оно комплектуется молодняком отцовской и материнской родительских ферм в соответствии 1:8 в возрасте 17-недель согласно графику.

Содержание родительского стада, как и молодняка, может проводиться на подстилке, на комбинированных полах (сочетание сетчатого пола с глубокой подстилкой в соотношении 60% и 40% площади) и в клеточных батареях.

В цехе выращивания ремонтного молодняка мясных кур для локального обогрева используют электробрудеры. К концу первой недели выращивания ограждения вокруг брудеров убирают. К этому возрасту кормораздаточные линии заполняют кормом, автопоилки – водой и опускают их в нижнее положение.

Все оборудование, которое было у цыплят до 2-недельного возраста, убирают. Верхний край автокормушки устанавливают на уровне спины цыпленка, верхний край желобковых поилок – на 2 см выше. С 4-недельного возраста молодняк не нуждается в локальном

обогреве, поэтому электробрудеры отключают и поднимают к потолку. Плотность посадки суточного молодняка – 9-11 голов на 1 м² пола.

Одним из важнейших условий при производстве продуктов птицеводства по прогрессивной технологии является строгое выполнение ветеринарно-профилактических мероприятий по предупреждению заноса и распространения заболевания птицы. Высокая продуктивность птицы может быть получена только при хорошем ее здоровье.

Птицу необходимо содержать разновозрастными группами с обязательным их изолированием. Цех убоя птицы как наиболее вероятный рассеиватель инфекции должен быть полностью изолирован от остальных помещений. Важное условие эффективного ведения птицеводства – соблюдение норм плотности посадки птицы в помещении.

Переуплотненность ухудшает доступ к корму и воде, снижает качество воздуха за счет уменьшения воздухообмена, уменьшается подвижность птицы. Это приводит к появлению слабых, подлежащих выбраковке птиц, возникновению заболеваний.

Вентиляция помещений особенно при высокой концентрации поголовья, имеет существенное значение. У птицы особое строение органов дыхания.

Воздух поступает не только в легкие, но и в расположенные в грудной и брюшной полостях воздухоносные мешки, проникая вглубь во все органы. Поэтому, если воздух загрязнен пылью и возбудителями болезней, то это приведет к быстрому перезаражению птицы. Полноценное кормление – один из факторов, обеспечивающих здоровье птицы и повышающих устойчивость ее к заболеваниям. Неполноценное питание является причиной, вызывающей болезни птицы. Нельзя скармливать птице испорченный, прокисший и заплесневелый корм. Это вызывает нарушение пищеварения, всасывания, обмена веществ и приводит к болезням органов пищеварения.

Особое значение имеет вакцинация против наиболее распространенных и опасных болезней. Необходимо выполнять профилактические перерывы при заполнении цехов.

Время освобождения цеха от последней партии птицы до начала загрузки новой должно быть 2-4 недели. В этот технологический перерыв помещения чистят, моют, дезинфицируют. Непременным условием ведения птицеводства является соблюдение правил гигиены.

2 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

2.1 Кормоприготовительное оборудование

Заготавливаемые корма (табл. 2.1.1) содержат витамины, обладают различной питательной ценностью и характеризуются различными уровнями потерь питательных веществ (табл. 2.1.2). Консервируют корма сушкой травы на сено, заготовкой сенажа и силоса, химическим консервированием, производством витаминной травяной муки и влажным фракционированием [29–30].

Таблица 2.1.1– Питательность отдельных кормов

Наименование	Эквивалент			
	Сенный	Крахмальный	Овсяный	Энергетический МДж
Сено	1,0	0,3	0,5	5,24
Крахмал	3,3	1,0	1,7	17,80
Овес	2	0,6	1,0	10,47
Картофель	0,6	0,18	0,3	8,14
Свекла	0,2	0,06	0,1	1,05
Трава	0,4	0,12	0,2	2,14

Таблица 2.1.2 – Потери питательных веществ кормами

Наименование	Обоснованные и неизбежные потери	Потери питательных веществ фактические, %	В том числе потери каротина
Сено	6...8	55	50
Сенаж	6...8	30	50
Силос	6...8	30	50
Травяная мука	6...8	10	50

В технологическом процессе заготовки и хранения сена, пресованного или рассыпного, выделяют четыре этапа: скашивание, транспортирование, скирдование и хранение. Количество вентиляторов для сушки сена при хранении определяет масса скирды P_k и рас-

ход воздуха Q , отнесенный к 1 кг сена кондиционной влажности

$$\begin{cases} Q_c = P_k Q \text{ кг/ч} \\ Q = k \frac{B}{(d_{\max} - d)t} \text{ кг}/(\text{кг} \cdot \text{ч}) \end{cases}, \quad (2.1.1)$$

где Q_c – общий расход воздуха на скирду; d_{\max} – влагопитательная способность воздуха, определяется по таблицам в зависимости от его температуры; d – влагосодержание окружающего воздуха, кг/кг; t – продолжительность продувания, ч; k – коэффициент, учитывающий потери воздуха ($k = 1,1$).

В технологическом процессе заготовки и хранения сенажа зеленую массу скашивают, ворошат, сгребают и доставляют к траншее, а затем разравнивают и утрамбовывают в наземных, полузаглубленных и заглубленных траншеях. Сенаж защищают от доступа воздуха во время его закладки, хранения и при выгрузке для скармливания. Это обусловлено деятельностью микроорганизмов.

При влажности массы 50% давление высасывания, например, бактериями внутриклеточной воды растений – 5 мПа, давление, удерживающее внутриклеточную воду – 6 мПа, давление высасывания внутриклеточной воды грибковой плесенью – 25 мПа.

Причем грибковая плесень нуждается в наличии кислорода воздуха. Поэтому нужна герметизация для сенажа и большая плотность (кислорода меньше). Оба фактора (вредные бактерии и грибковая плесень) в этом случае нейтрализуются.

Для заготовки силоса зеленую массу скашивают с одновременным измельчением и погрузкой в транспортные средства самоходными кормоуборочными комбайнами. Трамбовку сырья производят гусеничные тракторы, оборудованные бульдозерами (при недостаточном уплотнении из-за усадки у стен образуются щели, в которые попадают воздух и вода, вызывая порчу силоса).

Ежедневно в траншею закладывают слой 0,7...0,8 м уплотненной массы. После заполнения хранилища силос, как и сенаж, укрывают пленкой, посыпают известью, насыпают сверху землю или торф слоем 20...25 см.

Боковые стенки имеют наклон к вертикали не более 20...25° для лучшего уплотнения массы у стен. Снаружи стенки обволакиваются

землей (наземные и полузаглубленные хранилища) во избежание промерзания силоса. Все траншеи оборудуются сокоборниками, которые сверху закрываются решетками и соединяются с колодцами, расположенными вне траншеи.

Использование (табл. 2.1.3) химических консервантов (пиросульфат натрия, бензойная, муравьиная, пропионовая, уксусная кислоты) позволяет сократить потери питательных веществ до 5.8 % и получить силос высокого качества даже из трудносилосуемых культур.

Например, консервант влажного сена (30...35%) – пропионовая кислота – 1% (через месяц оно влажное) – хорош при уборке в дождливую погоду, когда сбросить 15% обычным способом трудно, а скорее невозможно.

Консервант вносят в поле при уборке и измельчении, и непосредственно при закладке в хранилище. В первом случае обеспечивается более равномерное перемешивание консерванта с силосуемой массой, во втором – лучшие условия труда для обслуживающего персонала, поскольку все консерванты имеют резкий запах и вредны для здоровья.

Таблица 2.1.3 – Характеристика жидких консервантов (органических кислот) кормов

Наименование	Кислоты			
	Муравьиная	Уксусная	Пропионовая	Бензойная
Воздействие	Подавляет гнилостные бактерии	Подавляет гнилостные бактерии	Подавляет развитие плесени	
Доза, кг/т	3-4-5 (легко-трудно-несилосуемые)	5	3-4-5	2-3-4
Силосуемые корма	Все виды	Тоже	Тоже	Тоже
Съедобность корма	+	+	+	+

Годовое количество силоса $Q_{\text{год}} (m)$ на ферму и, соответственно, объем силосохранилища $V (m^3)$ определяют количество животных на ферме m , суточная норма потребления силоса на одну голову q_c (кг) и число дней кормления силосом животных в году n

$$\begin{cases} Q_{\text{год}} = 0,001q_c n \\ V = k \frac{Q_{\text{год}} \cdot m}{\rho} \end{cases}, \quad (2.1.2)$$

где k – коэффициент запаса, учитывающий потери силоса от порчи при хранении (для башен $k_3 = 1,12 \dots 1,15$; для траншей $k_3 = 1,15 \dots 1,25$); ρ – плотность силоса ($0,6 \dots 0,8 \text{ т/м}^3$).

Витаминную травяную муку изготавливают сушкой в агрегатах типа АВМ-0,65 скошенной и измельченной травы. Температура сушильного агента у входа в сушильный барабан устанавливается при начальной влажности травы меньше 75% для смеси зерновых культур – 500...700, клевера – 650...700, люцерны – 400...600 °С. С увеличением влажности травы температуру сушки повышают до 950°С. Задержка провяливания травы увеличивает потери ею каротина. Поэтому в дождливую погоду в сушилку надо подавать свежескошенную траву.

Влажное фракционирование кормов производится отжатием измельченной травы или картофеля шнековым прессом. Жом после выхода из пресса разрыхляется ИСК-3 и поступает на сушку в агрегаты витаминной травяной муки АВМ-0,65, АВМ-1,5. Клеточный сок дозированно подается в теплообменник и затем в коагулятор. По мере нагревания до заданной температуры сок самотеком поступает на фильтрующий транспортер. Коагулят в виде рыхлого сгустка оседает на фильтровальной ткани, а коричневый сок стекает в поддон. Сок перерабатывается аналогично соку зеленых растений. Измельчают кормовые материалы разбиванием свободным ударом, растиранием, плющением или раздавливанием, резанием, скалыванием или крошением, что уменьшает затраты энергии животных на разжевывание (рис. 2.1.1).

При конструировании рабочих органов учитывают физико-механические свойства кормов и выбирают такие способы воздействия на перерабатываемый материал, обеспечивающие его разрушение наименьшими напряжениями и затратами энергии. В этом отно-

шении раскалывание, истирание и резание представляются более выгодными, так разрушающие напряжения скалывания $\tau_{разр}$ меньше нормальных напряжений $\sigma_{разр}$.

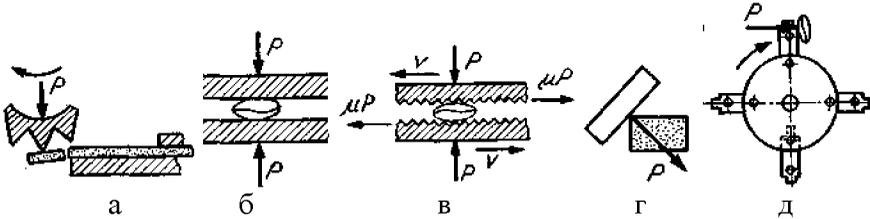


Рисунок 2.1.1 Способы измельчения кормов:

а – раскалывание; б – плющение; в – истирание; г – резание; д – удар

Величина работы тонкого измельчения зерновых кормов (описывает поверхностная теория) прямо пропорциональна вновь образованной поверхности, а грубого измельчения (точнее описывает объемная теория) – прямо пропорциональна объему деформированной части тела. Поскольку при измельчении могут получаться крупные и мелкие частицы, то общую работу измельчения A , рассматривают как сумму работ на образование новых поверхностей A_s и деформацию A_g части объема тела $A = A_g + A_s = k\Delta V + \alpha\Delta S$. Действительно отношение суммарной поверхности частиц измельченного тела и первоначальной поверхности тела равно степени измельчения. Это вытекает из равенства объемов исходной частицы с длиной ребра L и образовавшихся кубиков с длиной ребра l

$$\begin{cases} V = L^3 \\ V = n^3 l^3 \\ \frac{L}{l} = n \rightarrow \frac{\sum s}{S} = \frac{L}{l} \\ S = 6L^2 \\ s = 6l^2 \end{cases} \quad (2.1.3)$$

Основными рабочими органами дробилок являются молотки, решета и деки (табл. 2.1.4, рис. 2.1.2–2.1.3). Количество молотков определяется из условия, чтобы все молотковое поле по ширине дро-

бильной камеры перекрывалось молотками. Располагают молотки по винтовой линии или рядами в шахматном порядке. Мощность на привод молотковой дробилки определяется как сумма составляющих мощности на измельчение материала ($N_{изм}$), мощности на циркуляцию материала и воздуха ($N_{ц}$), мощности холостого хода ($N_{хх}$)

$$N = N_{изм} + N_{ц} + N_{хх}$$

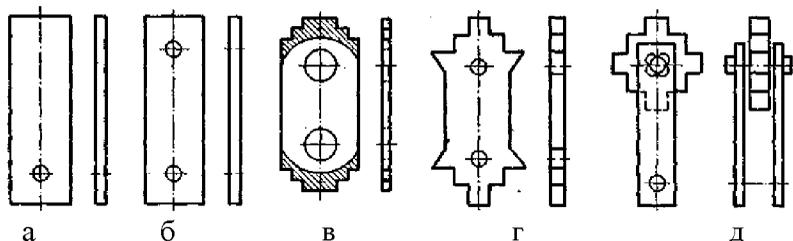


Рисунок 2.1.2 Схемы молотков дробилок:
а–б) простой прямоугольный; в–г) ступенчатый; д) составной

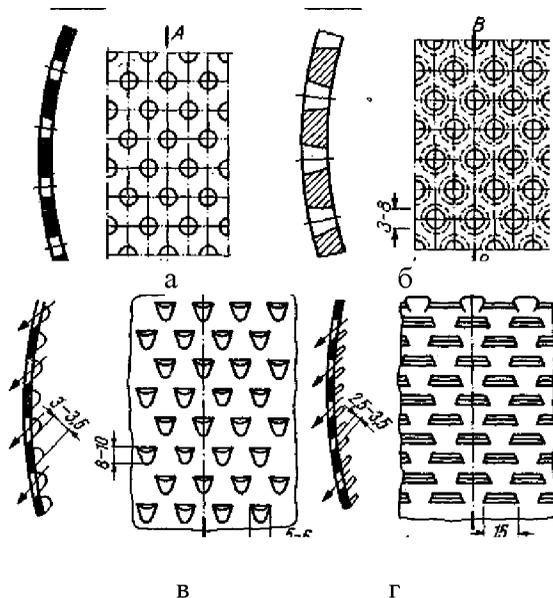


Рисунок 2.1.3 Типы решет:
а) гладкое пробивное с круглыми отверстиями; б) конические отверстия; в–г) чешуйчатые

Таблица 2.1.4 – Характеристика рабочих органов дробилок

Наименование	Молотки	Решета	Деки
Назначение	Измельчение продукта влет	Вывод продукта, регулирование степени измельчения	Возврат частицы материала в зону действия молотков
Форма	Пластинчатые: А) прямоугольные Б) со ступенчатыми концами В) составные (для сочных кормов)	Цилиндрические поверхности в нижней части корпуса с углом охвата $180...270^{\circ}$ (в отдельных конструкциях – $120...360^{\circ}$)	Рифленные чугунные или стальные с пробивными отверстиями, в верхней части корпуса
Толщина, мм	2; 4 – зерно и мягкие продукты; 6; 8 – стельные корма (сено и т.д.); 8; 10; 12 – крупнокусковой корм (початки, кости)	2...3	Конструктивно
Размер конструктивных элементов, мм	Диаметр отверстия подвески 18...20	Отверстия круглые, конические (меньшее сопротивление) или чешуйчатые: 3; 4; 6; 8; 10 (живое сечение отверстий 0,08...0,35 от общей поверхности);	Угол зуба рифлей $95...105^{\circ}$; Наклон передней грани $40...45^{\circ}$
Материал	Сталь 65Г	Сталь листовая	Чугун или сталь

Рабочими органами вальцовых измельчителей являются гладкие, рифленные или нарезные вальцы. Угол рифли (рис. 2.1.4а–в) составляет $100-110^{\circ}$, а количество рифлей на 1 см длины окружности вальца колеблется от 3,5 до 10. Чем больше рифлей на 1 см длины окружности вальца, тем мельче помол. Для плавного захода рифлей и равномерной нагрузки вальцы рифли нарезают под некоторым углом

к образующей (обычно $5-10^\circ$). Вальцы вращаются навстречу друг другу с разными окружными скоростями (рис. 2.1.4г). Быстроходные нарезные вальцы имеют в 2,5 раза большую окружную скорость, чем тихоходные вальцы [31].

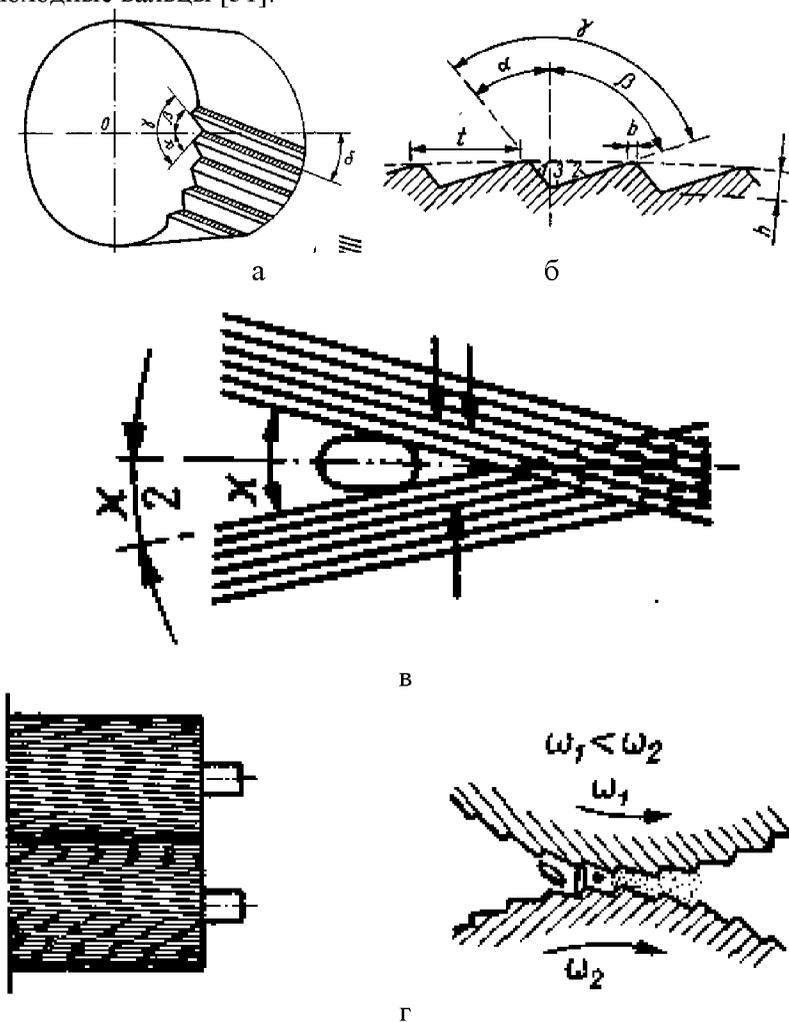


Рисунок 2.1.4 Элементы вальцовых станков:
а – схема вальца; *б* – профиль; *в* – наклон рифлей; *г* – взаимное положение вальцов

При измельчении грубых кормов (соломы и сена) размер резки должен быть для КРС 40...50 мм, лошадей – 30...40 мм, овец – 20...30 мм. Если грубые корма используются в составе кормовых смесей, то длину резки уменьшают до 5...10 мм.

При производстве травяной и сеной муки высушенную массу для свиней и птицы измельчают до размеров частиц 1 мм. Грубые корма измельчают дисковыми или барабанными соломосилосорезками (рис. 2.1.5).

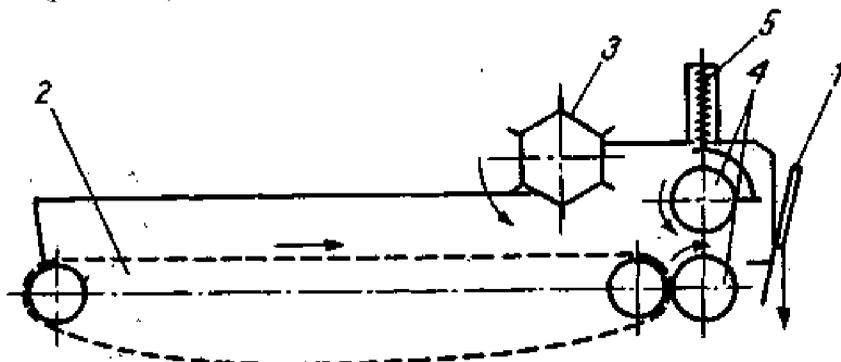


Рисунок 2.1.5 Схема измельчителя грубых кормов:
1 – нож; 2 – транспортер подающий; 3 – валец прижимной;
4 – валец питающий; 5 – пружина

Для прижимного вальца (рис. 2.1.6а) должно выполняться условие
 $fN \geq Ntg\alpha \rightarrow F \geq tg\alpha$.

Для затягивания слоя (рис. 2.1.6б) необходимо, чтобы равнодействующая горизонтальных составляющих была направлена в сторону вращения вальцов,

$$fN \cos \alpha > N \sin \alpha .$$

Следовательно, угол трения питающего вальца φ по слою должен быть больше угла захвата вальцов α .

Таким образом

$$\frac{h_1 - h_2}{2} = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cos \alpha \rightarrow D = (h_1 - h_2) / (1 - \cos \alpha).$$

Учитывая условия $\cos \alpha = 1 / \sqrt{1 + tg^2 \alpha}$ и $tg \alpha \leq f = tg \varphi$, получим

$$D \geq \frac{h_1 - h_2}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}}} \quad (2.1.4)$$

Для выполнения последнего условия значения диаметра вальцов получаются большими, что конструктивно неудобно. Поэтому вальцы выполняют зубчатыми или рифлеными (рис. 2.1.7), тем самым сила трения заменяется силой сцепления между материалом и вальцом [31].

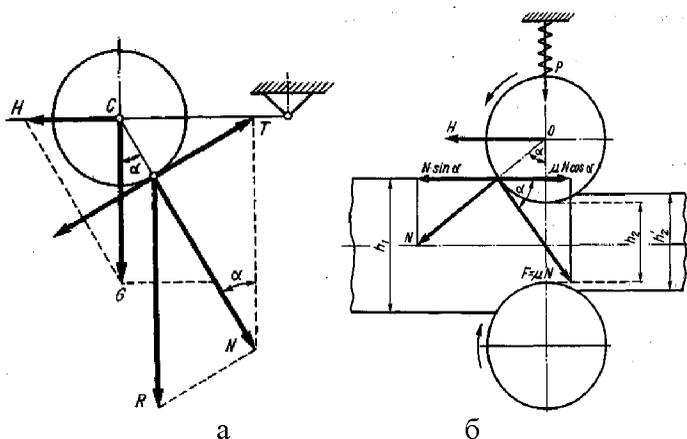
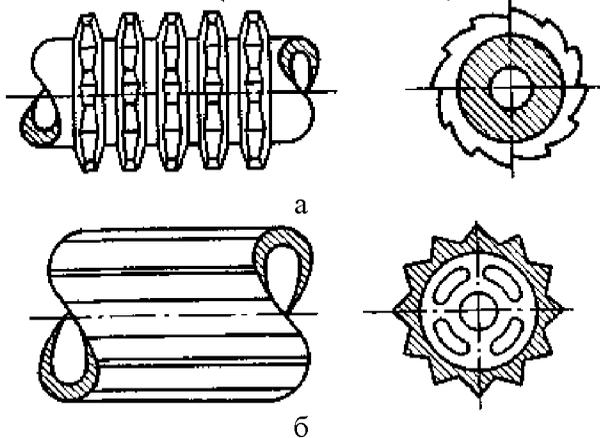


Рисунок 2.1.6 Вальцы (а – прижимной; б – питающий)



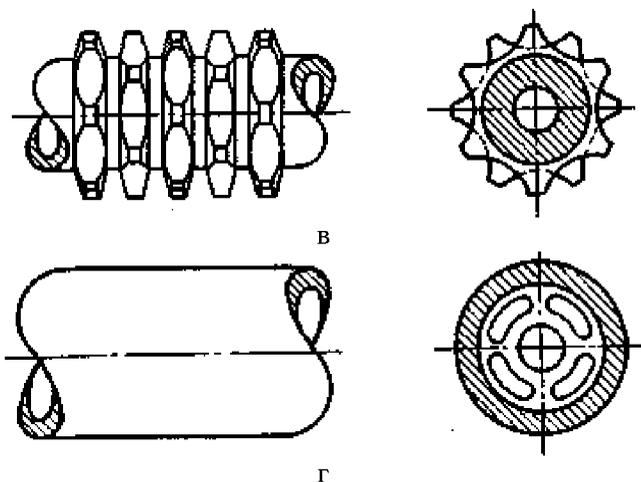


Рисунок 2.1.7 Виды валцов:

а – зубчатый; *б* – звездообразный; *в* – рифленный; *г* – гладкий

Корнеклубнеплоды перед измельчением моют. Никакая машина не может на 100% отделить землю, поэтому оценивают остаточную загрязненность

$$\delta_0 = \frac{\Delta P_0}{P_k + \Delta P_0}, \quad (2.1.5)$$

где ΔP_0 — масса оставшихся после мойки загрязнений в порции корнеклубнеплодов; P_k — масса чистых корнеклубнеплодов.

Центробежные мойки перемешивают и перетирают корнеклубнеплоды с одновременным обмыванием под душем. Движение корнеклубнеплодов сообщается диском, на котором они помещены, а тормозящее действие они испытывают со стороны неподвижной стенки моечной камеры. Для того чтобы корнеклубнеплоды переместились по моечному диску центробежной мойки к его периферии необходимо, чтобы частота вращения диска определялась по формуле

$$\omega = \frac{30}{\pi n} \sqrt{\frac{gf}{r}} \text{ мин}^{-1},$$

где f — коэффициент трения корнеклубнеплодов по стали; r — радиус начала движения продукта, м.

Измельчители корнеклубнеплодов должны иметь производительность, обеспечивающую измельчение корнеклубнеплодов на одно кормление за 1-2 часа.

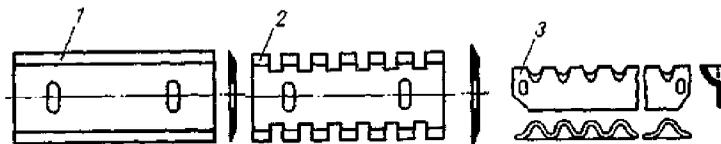


Рисунок 2.1.8 Формы ножей измельчителей корнеклубнеплодов: а – прямолинейный; б – гребенчатый ; в – совочкообразный

Технологические схемы, по которым осуществляется тепловая обработка кормов, зависят как от назначения агрегата, так и от зоотехнических требований на конечный вид продукта. Наиболее распространенные схемы: для картофеля – мойка → запаривание → мятие → охлаждение → смешивание; для грубых кормов – измельчение → добавление химреактивов → запаривание → выдержка → смешивание с другими компонентами; для кормовых смесей – измельчение → запаривание. Продолжительность нагревания клубней зависит от их теплофизических характеристик, начальной и конечной температур клубня. Непрерывный процесс запаривания отличается тем, что готовый картофель выгружается из чана, а на его место поступают новые порции. Скорость фронта распространения пара, выходящего из парового насадка, должна быть равна скорости продвижения клубней. Готовность массы картофеля определяется по готовности самого удаленного от места пуска пара клубня.

При разработке картофелезапарочных агрегатов стремятся снизить потери тепла через стенки, минимизируя отношение поверхности чана и его объема. Этому условию удовлетворяет сфера. Однако в конструктивном выполнении это не самое удачное решение. Поэтому чан изготавливают цилиндрическими, стараясь выполнить соотношение $H:D = 1$. Действительно, в этом случае минимальная поверхность при заданном объеме будет в том случае, если диаметр равен ее высоте:

$$\begin{cases} V = \frac{\pi D^2}{4} h \\ S = \frac{\pi D^2}{2} + \pi D h \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h = \frac{4V}{\pi D^2} \\ \frac{dS}{dD} = \pi D - \frac{4V}{D^2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h = \frac{4V}{\pi D^2} \\ D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \end{cases} \Rightarrow h = \sqrt[3]{\frac{4V}{D}} = D$$

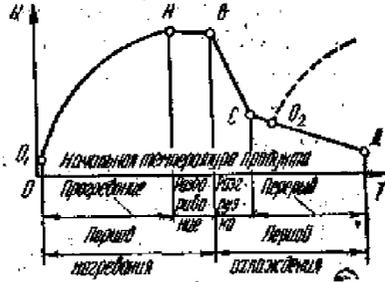


Рисунок 2.1.9 График рабочего процесса парового запарника кормов

При запаривании картофеля определяют добавляемое количество воды P_c , чтобы увлажнить корм перед запариванием от влажности W_0 до W_k и баланс тепла (рис. 2.1.10)

$$\begin{cases} P_c = \frac{P_c [W_k (1 - W_0) - W_0 (1 - W_k)]}{(1 - W_0)(1 - W_k)} \\ P_c = Q(1 - W_0) \\ W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \end{cases}$$

где P_c — содержание сухого вещества в смачиваемом корме; Q — количество обрабатываемого корма; W_1 — количество тепла на нагрев продукта до температуры готовности; W_2 — количество тепла на нагрев стенок чана; W_3 — количество потерь тепла через стенки чана; W_4 — количество тепла, уходящее с конденсатом.

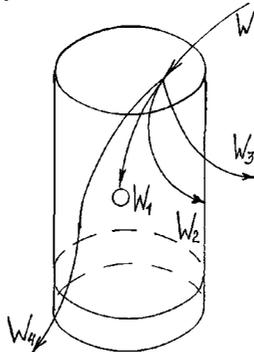


Рисунок 2.1.10 Распределение тепловых потоков в запарнике кормов

Плоскостные паровые насадки обеспечивают выпуск пара в чан по всей площади его поперечного сечения, линейные – равномерно во все стороны на всей длине трубы, точечные – из торца трубы. Каждый тип парового насадка имеет свое преимущественное и целесообразное применение. Плоскостной – в агрегатах непрерывного действия, и линейный – в цилиндрических чанах периодического действия с установкой по оси цилиндра на всю его длину, точечный – в больших емкостях периодического действия, имеющих произвольную форму.

Точность дозирования любым типом дозаторов ограничивается технологическим допуском и зависит от физико-механических свойств кормов

$$\Delta_T = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\text{ср}}}$$

где Q_{\max} , Q_{\min} , $Q_{\text{ср}}$ — максимальный, минимальный и средний расход (производительность) дозатора, кг/с или м³/с (при работе на одну и ту же установленную дозу).

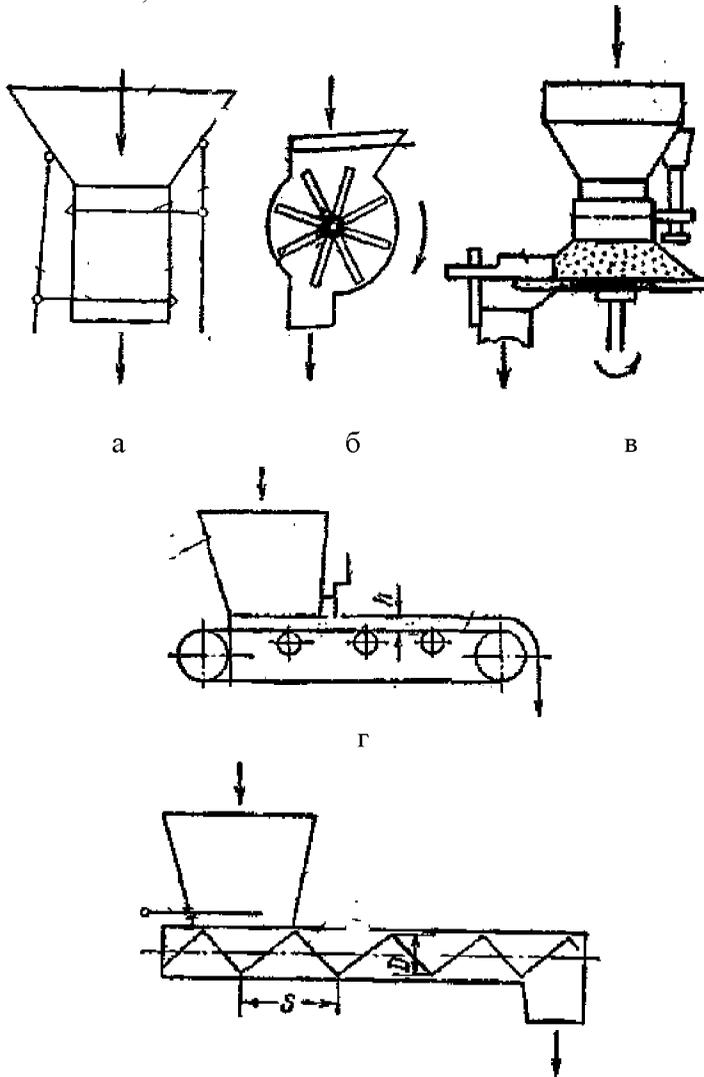
Для различных материалов технологический допуск различен. Например, при дозировании стебельчатых кормов он может быть принят $\Delta_T = 0,1$. Оценочным показателем относительной погрешности служит коэффициент вариации

$v = \frac{100}{\bar{Q}} \sqrt{\frac{\sum_1^n (Q_i - \bar{Q})^2}{(n-1)}}$, % (где \bar{Q} — средний из n измерений расход).

Объемные дозаторы устанавливают в начале поточных линий или после накопительных емкостей (бункеров). В первом случае дозируют порции кормов, поступающих на разные поточные линии для переработки. Во втором случае дозаторы выдают в бункера смесителей определенные порции кормов после переработки. Размещение их в поточной линии зависит от вида корма и технологического процесса его приготовления.

В кормоприготовлении относительная погрешность дозирования (коэффициент вариации) обычно ограничивается при дозировании по объему 10...12 %, при дозировании по массе 1...3 %. В комбикормовой промышленности допустимую погрешность устанавливают в зависимости от доли ингредиента, входящего в смесь (более 30 % – погрешность $v \leq 1,5$ %; 10...30 % – $v \leq 1,0$ %; менее 10 % $v =$

$\pm 0,5 \%$). При дозировании минеральных добавок $v = \pm 0,1 \%$, микро-элементов $v = \pm 0,01 \%$.



Д
Рисунок 2.1.11 Объемные дозаторы:

*а) порционный; б) роторный; в) тарельчатый; г) ленточный;
д) шнековый*

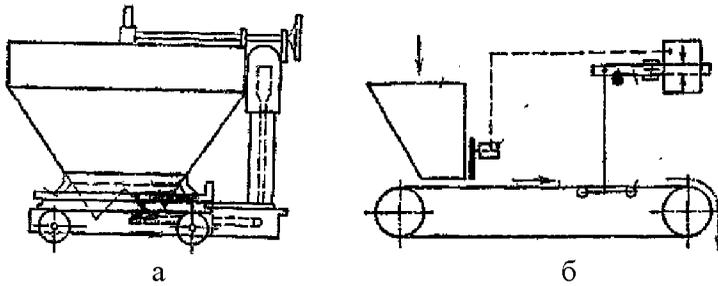


Рисунок 2.1.12 Весовые дозаторы: а) порционный; б) непрерывный

Увеличение производительности порционных дозаторов (рис. 2.1.13а) ΔQ может быть достигнуто за счет увеличения порции [32] выдаваемого вещества $\Delta Q = (q_2 - q_1)\Delta t_1 n_1$, где $(q_2 - q_1)\Delta t_1$ – увеличение одной порции), количества порций, выдаваемых за единицу времени при сохранении размеров порций (рис. 2.1.13б) или непрерывностью действия (рис. 2.1.13в).

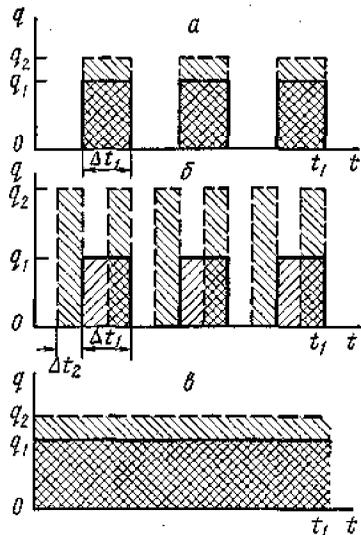
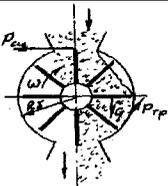
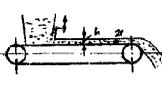
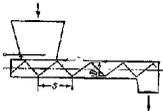
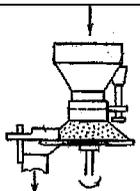
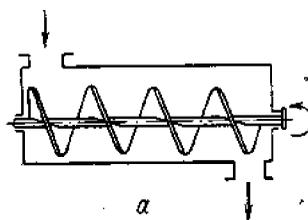
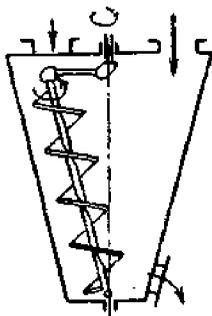


Рисунок 2.1.13 Регулирование производительности дозаторов [29]: а – объемом порции; б – количеством порций; в – непрерывностью действия

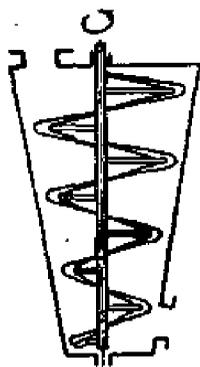
Таблица 2.1.5 – Параметры дозаторов

Наименование	Дозатор			
	Барабанный	Ленточный	Шнековый	Тарельчатый
Схема				
Производительность, кг/с	$\begin{cases} Q = F \ell n \rho \psi \\ F = F_{\text{эс}} z \end{cases}$ <p>$F_{\text{эс}}$ – площадь желоба; ℓ – длина; z – количество желобов; n – частота вращения; ψ – коэффициент наполнения;</p>	$\begin{cases} Q = F \vartheta \rho \psi \\ F = b h \end{cases}$ <p>b – ширина слоя; h – толщина слоя; ρ – насыпная плотность; ϑ – скорость ленты.</p>	$\begin{cases} Q = F S n \rho \psi \\ F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \end{cases}$ <p>D – диаметр шнека; d – диаметр вала; S – шаг шнека;</p>	$\begin{cases} Q = F \left(R + \frac{h}{3 \operatorname{tg} \theta} \right) \omega \rho \\ F = \frac{h^2}{2 \operatorname{tg} \theta} \end{cases}$ <p>θ – угол естественного откоса; β – угол установки скребка;</p>
Мощность, Вт	$\begin{cases} N = N_1 - N_2 \\ N_1 = (P_{\text{св}} k + F_{\text{мп}}) \omega R \\ P_{\text{св}} = f S p \\ P_{\text{мп}} = \Delta G f \\ N_2 = m g \frac{1}{3} R \omega \end{cases}$ <p>S – площадь горловины; p – давление корма;</p>	$\begin{cases} N = N_1 \pm N_2 \\ N_1 = W(m \vartheta + Q L) \\ N_2 = H Q g \end{cases}$ <p>L – горизонтальная проекция ленты; m – масса ленты; H – высота подъема;</p>	$\begin{cases} N = N_1 \pm N_2 \\ N_1 = Q L g f \\ N_2 = H Q g \end{cases}$	$\begin{cases} N = N_1 + N_2 \\ N_1 = F_{\text{мп}} \omega R_0 \\ F_{\text{мп}} = m g f \\ N_2 = N_1 \cos \beta \end{cases}$
Регулируемый параметр	Частота вращения	Частота вращения	Частота вращения	Частота вращения
	Длина ротора	Положение пшиберной заслонки	Положение пшиберной заслонки	Перемещением цилиндра или скребка

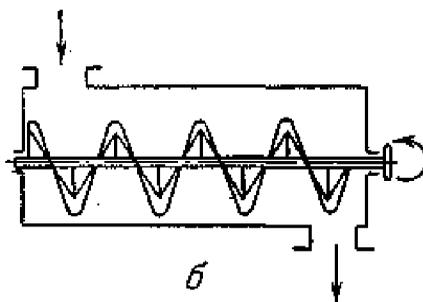
Качественную оценку процесса смешивания делают по степени однородности полученной смеси, оценивая ее коэффициентом вариации. Добиться идеального смешивания практически невозможно из-за одновременного процесса сепарации. Допустимые пределы коэффициента вариации смеси для поросят в возрасте 4-х месяцев $v < 7\%$, свиней старше 4-х месяцев $v < 10...15\%$, для птицы $v < 10\%$, для КРС $v < 12...16\%$. Качество смешивания корма зависит от продолжительности смешивания. Горизонтальный шнековый смеситель одновременно со смешиванием производит транспортирование. Поэтому качество смешивания в нем можно регулировать шагом (углом подъема винтовой линии) и длиной (1,5...2,0 м). Производительность вертикальных шнековых смесителей определяется емкостью бункера и продолжительностью смешивания (рис. 2.1.14а–г). Динамическими смесителями смешивают добавляемые ингредиенты в соотношении 1:1000.



а



б



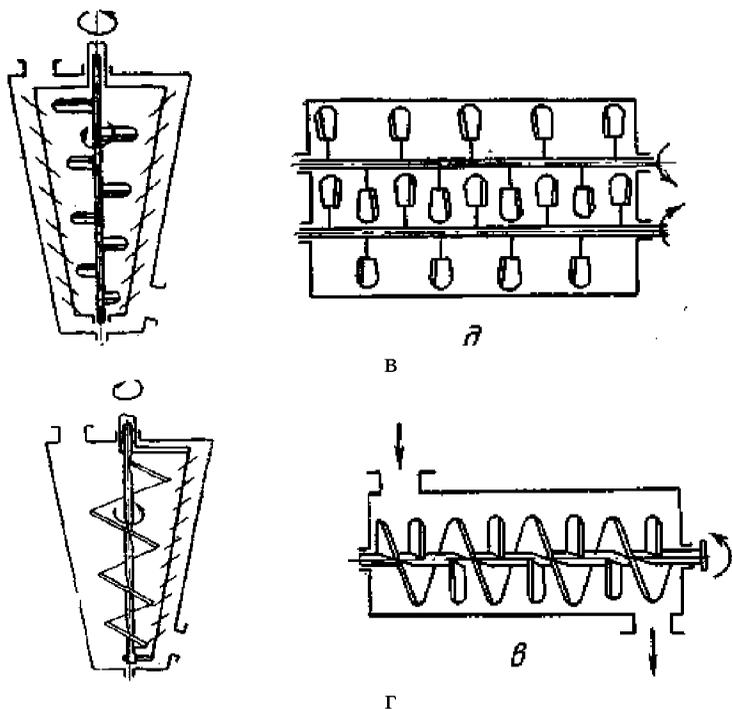


Рисунок 2.1.14 Вертикальные и горизонтальные смесители:
 а) шнековые; б) ленточный; в) лопастной; г) комбинированный

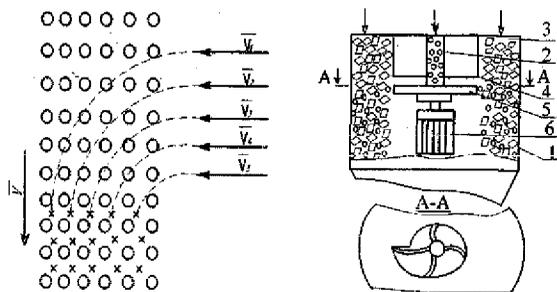


Рисунок 2.1.15 Схема динамического смесителя:
 1 – корпус цилиндрический; 2–3 – патрубок биологически активных добавок и основного компонента; 4 – направляющая; 5 – диск;
 б – электродвигатель

С целью улучшения транспортабельности, снижения стоимости перевозок и хранения, а также лучшей сохранности питательных веществ и витаминов корма уплотняют или прессуют (сжатием, скручиванием, вибротряской, экструзией, окатыванием). Основным способом уплотнения является сжатие, осуществляемое путем гранулирования и брикетирования.

В зависимости от требуемой плотности стебельчатые корма могут быть спрессованы в тюки (плотность 120...160 кг/м³) или брикеты (плотность 600...900 кг/м³). Комбикорма и травяная мука прессуются в гранулы плотностью 1200...1300 кг/м³. Прессуют корма без связующих добавок при малых давлениях (15...20 МПа); без связующих добавок при высоких давлениях (30...35 МПа); со связующими добавками при малых давлениях (5...10 МПа).

Формирующие прессы образуют гранулы двумя вращающимися навстречу друг другу ячеистыми вальцами (гранулы непрочные). Рабочим органом шестеренчатых прессов служит пара зубчатых колес со сквозными радиальными отверстиями, находящимися в зацеплении и вращающимися навстречу друг другу. Шнековые прессы применяют главным образом для гранулирования влажного исходного сырья.

В прессах с вращающимися матрицами материал продавливается прессующими вальцами (активными или пассивными). Для брикетирования кормов применяют следующие типы прессов: штемпельные с закрытой и открытой камерами, вальцовые, кольцевые, шнековые и мундштучные.

Производительность грануляторов с вращающейся матрицей определяется по формуле

$$Q = \frac{\pi d_0^2}{4} \Delta l \cdot z_0 \cdot z_v \cdot \rho \cdot n, \text{ кг/с,}$$

где d_0 – диаметр формирующего отверстия матрицы, м; Δl – толщина запрессованного в отверстие матрицы слоя материала за один проход вальца, обычно равна $(4...6) \cdot 10^{-4}$ м; Z_0 – число формирующих отверстий в матрице; Z_v – число вальцов; ρ – плотность запрессованного в отверстие материала, кг/м³; n – частота вращения матрицы относительно вальцов, с⁻¹.

Толщина запрессованного в отверстие матрицы слоя материала за один проход вальца и высота его до запрессовывания (рис. 2.1.16) находятся в определенном соотношении, определяемом системой уравнений (2.1.1).

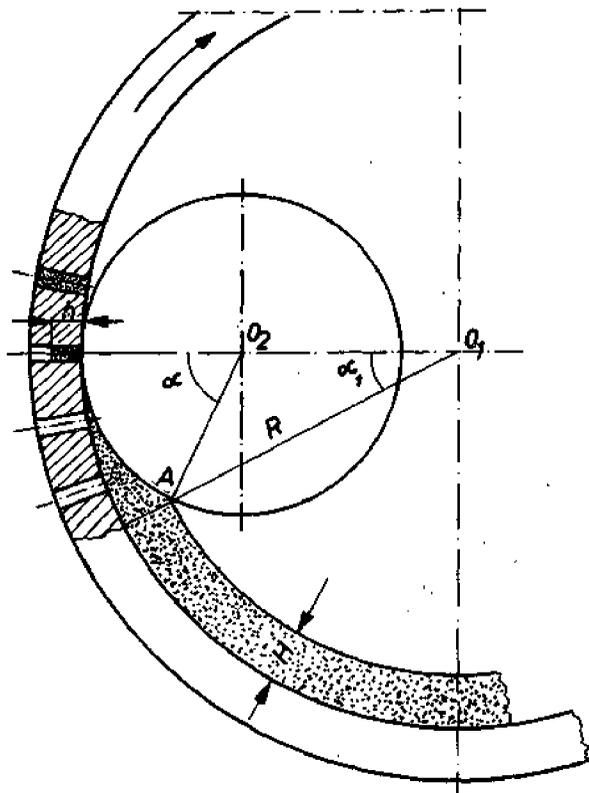


Рисунок 2.1.16 Схема прессования

Основным расчетным параметром матриц служит длина рабочих отверстий, от которой зависит прочность получаемых монолитов и энергоемкость процесса. На качество гранул решающее влияние оказывает и время пребывания материала в отверстии матрицы, которое должно превышать время релаксации напряжений в материале. Поэтому после расчета длины отверстия матрицы по формуле определяют время пребывания материала в канале прессования. Если рас-

четное время меньше времени релаксации, то длину канала прессования увеличивают. Таким образом, значения времени пребывания материала, а соответственно и длина канала прессования служат регуляторами плотности монолитов [31].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{h} = \frac{\gamma_g}{\gamma_m} = \beta \\ g_g = \frac{h}{t} \\ AO_1^2 = AO_2^2 + O_1O_2^2 - 2AO_2 \cdot O_1O_2 \cdot \cos(\pi - \alpha) \\ O_1A = R - H \\ O_2A = r \\ O_1O_2 = R - r \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} H = R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)\cos\alpha} \\ h = \frac{H}{\beta} = \frac{R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)\cos\alpha}}{\beta} \\ g_g = \frac{3600 \left[R - \sqrt{(R-r)^2 + r^2 + 2r(R-r)\cos\alpha} \right] n_m}{\beta \alpha_1} \end{array} \right.$$

Таблица 2.1.6 – Характеристика методов уплотнения кормов

Наименование	Прессование	Брикетирование	Гранулирование	Экструзия
Плотность, кг/м ³	200	800	1200	
Крошимость, %			5...20	
Вид обрабатываемого корма	Неизмельченные стельные корма	Резка	Сыпучие или тестообразные материалы длиной 0,3...9 мм	Амидоконцентрированные добавки
Конечные продукты	Тюки	Брикеты	Гранулы	Непрерывный жгут
Характерные размеры, мм		100x100x100	Диаметр 5...20 мм	
Выдержка (релаксация), с	Обвязка проволокой или шпагатом	8	12	
Влажность, %			8...14	
Температура, °С		100	100...130	150
Оборудование	Пресс-подборщик	Пресс ОПК-2	ОГМ-0.8	Пресс-экструдеры
Давление, МПа		350...450 кгс/см ²		1,5

Стационарные кормоцехи эксплуатировались в хозяйствах без стабильной научно обоснованной кормовой базой [33]. Цехи на базе КОРК-15 использовались с целью скармливания скоту в составе кормосмесей соломы и других низкопитательных отходов полеводства. В отдельные годы, когда удавалось заготовить в достатке основных кормов хорошего качества, во многих хозяйствах необходимость в таких кормоцехах отпадала.

Корма скармливались в натуральном виде, а помещения, напичканные оборудованием, простаивали. В ряде случаев солому и другие отходы полеводства подвергали тепловой и химической обработке с целью повышения переваримости клетчатки и обеззараживания не вполне доброкачественных грубых кормов (предотвращения частичного загнивания и плесневения).

К недостаткам стационарных кормоцехов, как показала практика, относятся: необходимость отдельных помещений для размещения оборудования; низкий удельный вес в комплекте универсального многофункционального оборудования и, как следствие, большое количество промежуточных транспортеров, наличие неудобных перевалочных операций, на которых терялась поточность общего технологического процесса приготовления и раздачи кормов.

В связи с указанными недостатками, по многим производственным данным, использование стационарных кормоцехов было малоэффективным на молочных фермах с поголовьем меньше 300 коров. На отдельных крупных молочных и откормочных фермах такие кормоцеха еще находят применение в помещениях со стационарными системами раздачи кормов, где затруднительно нормированно скармливать концентрата и другие кормовые добавки.

Обобщая производственный опыт эксплуатации громоздких кормоцехов, кормокухонь и кормоприготовительных отделений, можно заключить, что их широкое внедрение практически не приводило к существенному росту продуктивности скота, а лишь способствовало утилизации малоценных кормовых ресурсов.

На высокопродуктивных скотоводческих предприятиях стран западной и центральной Европы стационарные кормоцехи не использовались, хотя кормление скота там также базировалось на рационах из кормосмесей. Развитие технологии прифермерского приготовления и раздачи кормов в те же годы получило несколько иное направление. Еще с конца 80-х годов XX века на высокопродуктивных фермах

США, Канады и стран северо-западной Европы стала получать распространение усовершенствованная система кормления крупного рогатого скота многокомпонентными сбалансированными по питательности полнорационными кормовыми смесями [34].

До недавнего времени в нашей стране (как в бывшем СССР) технология скармливания кормов в виде кормосмесей осуществлялась по двум основным направлениям. Первое — это поточное приготовление кормосмесей из набора разных кормов в стационарных кормоцехах, в которых, как правило, производилось и измельчение грубых кормов и корнеклубнеплодов. Второе — периодическое (порционное) смешивание измельченных кормов в процессе раздачи их животным с использованием мобильных раздатчиков-смесителей типов РСП-10, АРС-10, ИСРК.

Одним из способов увеличения прибыльности животноводства является внедрение прогрессивных наукоемких технологий приготовления кормов с минимальной себестоимостью и организация полноценного кормления.

В «допромышленную» эпоху ведения животноводства на малых фермах применялась «классическая» технология комбинированного кормления сухими кормами и влажными мешанками. Причем, в свиноводстве преимущество отдавали влажным мешанкам, а в скотоводстве, кроме этого, с целью повышения потребления грубых кормов, их сдабривали влажными мешанками концентратов. С тем технологическим оборудованием кормоприготовления это устраивало всех: и людей, и животных.

С появлением промышленной технологии производства продукции животноводства предполагалось, прежде всего, значительное увеличение численности поголовья, а затем резкая концентрация животных на единицу площади при интенсивном их использовании. Это обусловило необходимость кардинально изменить системы жизнеобеспечения животных, в том числе и технологию кормления.

Так сухой способ кормления стал единственным средством, которое разрешало максимально механизировать и автоматизировать технологические операции кормления, особенно свиней и птиц при минимальных затратах человеческого труда и энергоносителей. Но промышленная технология удовлетворяет людей, не учитывая физиологические процессы пищеварения в организме животных.

Во-первых, главная особенность сухого кормления - это большая концентрация сухого вещества в кормосмесях. С точки зрения поступления питательных веществ в организм это хорошо, при условии достаточного обеспечения водой для увлажнения кормов в желудке. Однако для нормального пищеварения кормовые частицы должны изменить свою структуру (набухнуть), а при поступлении сухих кормов для этого требуется дополнительное время и затраты энергии, что изменяет процессы пищеварения.

В животноводстве же мы принуждаем животных потреблять сухие концентраты, которые изменяют тем самым физиологические процессы в желудочно-кишечном тракте, а потом боремся с гастритами или другими заболеваниями, особенно у молодняка, тратя дорогие ветеринарные лекарства.

Во-вторых, во время кормления сухими концентратами в организм животных могут попадать плесневелые грибы и продукты их жизнедеятельности - микотоксины, а также вредные насекомые, которые увеличивают вероятность отравления животных. Эту проблему можно решить, используя специальные средства термической обработки (плющение, экструдирование, гранулирование). Но не каждое хозяйство может применять для этого дорогое оборудование.

В-третьих, пылевые частицы, которые в неограниченном количестве находятся в сухом корме, отрицательно влияют на дыхательную систему. Особенно это необходимо учитывать в организации кормления новорожденных животных. Единственный технологически оправданный способ – это гранулирование кормосмесей, но он также связан с дополнительными энергозатратами.

Эти недостатки сухого кормления можно устранить, если готовить влажные мешанки. Технология их приготовления предусматривает запаривание кормов. При этом термическая обработка не только разрушает труднопереваримые питательные соединения, но и обеззараживает кормовые средства, устраняя антипитательные факторы. В организации влажного кормления необходимо учитывать и ее проблемы.

В жидкой среде быстрее развиваются патогенные микроорганизмы, которые ограничивают сроки использования мешанок. Однако современное кормовое оборудование и кормовые препараты позволяют устранить эти недостатки. Гидродинамическая установка предназначена для нагрева жидкой среды за счет явлений гидромеханики при минимальных затратах энергоносителей.

Разработана технология переработки сои (люпина, гороха), благодаря которой процесс плющения и тепловой обработки осуществляется без доступа кислорода в специально спрофилированных насадках за счет гидродинамических явлений. Пар и традиционные теплообменники при этом не используются.

Принцип действия оборудования заключается в прямом преобразовании энергии с коэффициентом полезного действия на уровне 90%. Предложенная технология базируется на приготовлении концентрированных бобовых или злаково-бобовых добавок в виде сметанообразных и пастообразных продуктов, в которых почти полностью сохраняются все витамины и минеральные вещества в отличие от соевого шрота и жмыха.

Установка состоит из насоса с электрическим или дизельным приводом, бункера, куда загружаются компоненты (соя, вода, добавки) и специальной насадки, в которой осуществляется процесс размола и нагревания смеси. Автоматика поддерживает температуру на заданном уровне. Тепловая обработка кормового сырья на гидродинамических установках позволяет решить ряд физиологических проблем кормления животных.

Главными из них являются: обеззараживание зернового сырья, инаktivация антипитательных факторов (ингибиторы ферментов, глюкозиды, микотоксины и т.п.), расщепление полимерных углеводов (лигнин-целлюлозный комплекс) и преобразование питательных веществ в легкоусвояемые формы.

Уникальность этого оборудования заключается в том, что гидродинамическая установка объединяет в одном производственном цикле (продолжительность 40-50 минут при достижении температуры до 105-110°C) три отдельные технологические операции: измельчение, термическую обработку и смешивание.

Традиционные технологии, особенно для тепловой обработки (запарники, экструдеры, грануляторы), требуют сложного оборудования и затрат энергоносителей (мощные механизмы, электродвигатели и энергоемкое оборудование для получения перегретого пара, нагрева воды или других источников тепла). По гидродинамической технологии энергетические затраты включают только мощность электродвигателя, которая зависит от объема рабочего бака установки.

Существующие способы измельчения кормов, используемые при организации кормления животных, позволяют измельчать зерно-

вое зерно на молотковых дробилках до величины частиц от 0,5 мм и более. Обработка зернового сырья по гидродинамической технологии позволяет получать мелкодисперсную кормовую пасту, которая при разведении водой практически не расслаивается при хранении.

По степени измельчения такую пасту можно приравнять к мукомольному производству. Мелкодисперсность кормовой пасты обеспечивает высокую площадь обволакивания пищевых масс пищеварительными секретами в желудочно-кишечном тракте животных, что способствует лучшему образованию микрофлоры для дальнейшего расщепления и переваривания питательных веществ.

Наиболее распространенным современным способом термической обработки кормов является экструдирование. Наряду с положительными качествами, экструдирование имеет и проблемные стороны. Тепловая обработка сырья осуществляется при высоких температурах – 130-150 °С и более. При таких температурах происходит разрушение незаменимых аминокислот и некоторых витаминов, снижается растворимость белка, увеличивается окисление жиров и жирорастворимых витаминов в присутствии кислорода. При обработке кормов по гидродинамической технологии происходят качественные и структурные изменения питательных веществ.

При традиционных способах смешивания сухих компонентов кормовых смесей в лопаточных смесителях трудно достичь однородности готовой массы из-за неодинаковых физических свойств ингредиентов. Кроме того, при транспортировке неоднородные сухие смеси обладают свойством расслаиваться, и более тяжелые компоненты оседают.

Благодаря гидродинамической технологии достигается одновременное измельчение и смешивание компонентов, что позволяет получать однородную гомогенную массу. Мелкодисперсность пасты и ее вязкость в жидкой среде исключает ее расслаивание. Более того, при транспортировании влажная кормовая масса дополнительно перемешивается, что поддерживает ее гомогенность.

С технологической точки зрения при разбавлении пасты водой можно достичь полного растворения витаминно-минеральных добавок и идеальной равномерности их распределения в массе. Для этого целесообразно использовать водорастворимые премиксы. Одновременное нагревание и перемешивание позволяет достичь мелкодисперсности и жировых компонентов, что позволяет включать в состав

вы смесей «технологически неудобные» растительные и животные жиры. Благодаря этому качеству гидродинамическая технология позволяет готовить заменители цельного молока.

Перспективным направлением применения гидродинамической технологии является изготовление влажных злаково-бобовых кормосмесей для молодняка и взрослых животных крупного рогатого скота и свиней. А добавление к ним витаминно-минерального комплекса и других биологически активных веществ позволяет получать влажные комбикорма-концентраты.

Соевая паста вырабатывается из зерна сои благодаря его измельчению в водной среде, одновременно с тепловой обработкой в гидродинамической установке при заданных температурных режимах и предназначена для непосредственного скармливания животным. Набухшее зерно загружают в резервуар гидродинамического нагревателя установки, а оставшийся объем бака доливают водой, чтобы создать анаэробные условия.

Рабочий цикл переработки зерна начинается с загрузки предварительно замоченных бобов в емкость и доливания к ней необходимого количества воды. После этого бак герметически закрывается крышкой. За технологический цикл работы установки зерно измельчается, нагревается до температуры 105-110 °С и доводится до состояния гомогенной смеси.

После прекращения цикла готовую пасту желательно выдерживать в течение 10-20 минут. Готовая паста подается через шланг в емкости для транспортирования. Если необходимо приготовить соевое молоко паста подается в баки с холодной водой.

Благодаря большому перепаду температуры (105-110°С паста, 10-15°С вода) паста мгновенно «разпушивается» в воде, что приводит к получению раствора высокой дисперсности без помощи специальных устройств для размешивания.

Такой раствор не расслаивается в течение продолжительного времени. Во время приготовления соевого молока или мешанки пасту растворяют в воде, которая предварительно выливается в ванну в пропорции до 2-х частей воды на 1 часть пасты.

2.2 Оборудование для раздачи кормов

Выбор раздатчика [29] предопределяется видом корма и способом содержания животных (рис. 2.2.1). Чтобы не вызвать стресса у животных (одному животному корм дали, другому еще нет), зоотехники устанавливают максимально допустимую продолжительность раздачи $T_{зоот}$. Обычно это время не должно превышать двух часов. Механизировать раздачу грубых, сочных, концентрированных кормов и корнеклубнеплодов, скармливаемых в натуральном виде типовым кормораздатчиком крупному рогатому скоту, сложно. Равномерность выдачи корма на фермах КРС не должна отклоняться от установленной нормы более чем на $\pm 15\%$ по объемистым кормам и $\pm 5\%$ – по концентрированным. Максимальные потери корма не должны превышать 1 % от розданного количества.

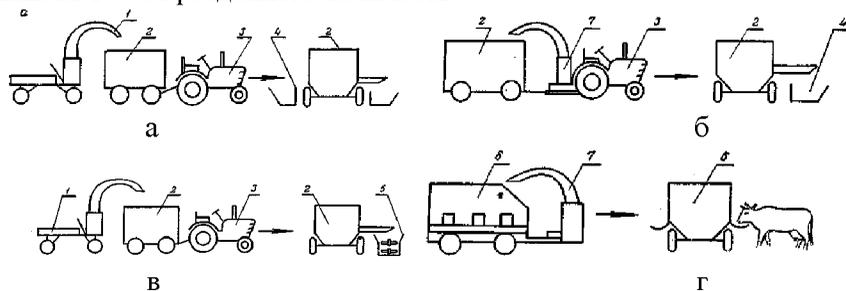


Рисунок 2.2.1 Схемы измельчения и раздачи кормов в коровниках:
а–б – измельчение и погрузка в передвижной кормораздатчик – транспортировка – раздача по кормушкам; б – измельчение и погрузка в передвижной кормораздатчик – транспортировка – выгрузка в приемный бункер стационарного кормораздатчика; в – скашивание и погрузка в самокормушку – транспортировка – скармливание (1– силосорезка; 2– передвижной кормораздатчик; 3 – трактор; 4– кормушка; 5– стационарный кормораздатчик; 6 – передвижная самокормушка; 7– косилка-измельчитель; 8 – транспортер-погрузчик)

Поение телят молоком или его заменителем осуществляют с помощью автоматизированных установок (рис. 2.2.2). Каждый теленок для его идентификации носит ошейник с передатчиком или метку в ухе с передатчиком. Передатчик имеет многопозиционный номер, который нанесен на корпус передатчика. Этот номер передатчика пере-

дается от передатчика к антенне, которая находится в боксе для выпойки. Так как номер передатчика мало подходит для быстрого нахождения животного, у каждого теленка на ошейнике находится также большой номер животного. Телятам можно присваивать номера от 01 до 150 или 0 от 1 до 50. Чтобы животное было опознано системой идентификации и, таким образом, автоматически могло быть покормлено, управление автопоилки должно считать номер передатчика. Этот номер должен быть соотнесен с номером животного. Номер же животного должен быть зарегистрирован в группе. Клавиатура управления позволяет с помощью пиктограмм символов (таблица 2.2.1) вызывать необходимое меню.

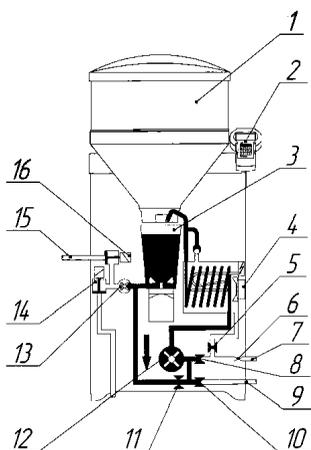


Рисунок 2.2.2 – Схема автопоилки:

1 – резервуар; 2 – пульт; 3 – миксер; 4 – теплообменник; 5, 8, 10, 11, 14, 16 – клапаны; 6 – регулятор; 7, 9, 15 – шланги; 12 – молочный насос; 13 – поильный насос

При приготовлении корма сначала дозируются жидкие компоненты. Затем подается сухой порошок в миксер стержневого электрода. Там порция интенсивно перемешивается. Затем открывается клапан бокса для выпойки. По шлангам корм подается от миксера к клапану бокса для выпойки, а оттуда, в результате сосания теленком – к соске бокса для выпойки. Теплая вода берется из бойлера. Молоко подается насосом (рис. 2.2.3) в емкость миксера из стального змеевика теплообменника.

Таблица 2.2.1– Пиктограммы символов

Пиктограмма	Назначение	Меню
	Контроль	Животные (право, тревога, срок, добавка, маркированные); неизвестные передатчики; поедание; проверка животных
	Главное меню	Кормление; калибровка; параметры прибора; промывка; диагностика
	Ручные функции	Опорожнить или запустить миксер; открыть молочный клапан и запустить молочный насос; заполнить водой теплообменник или бойлер; открыть клапан бокса для выпойки
	Поильный насос	Облегчает животным привыкание к автоматическому вызову поила и стимулирует слабо сосущих телят к приему поила
	Стрелка вверх/вниз	Перемещения по меню
	Выход	Возврат в автоматический режим; переход в иерархии меню; прерывание процесса
	Стереть	Удаление сообщений и сигналов
	Ввод	Открытие меню; вызов значений и параметров; подтверждение введенных данных
	Кнопка	Маркировка животных; переключение
	Стрелка	Переключение меню одного уровня

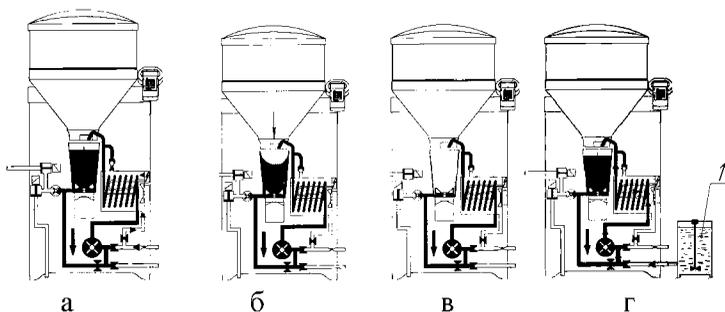


Рисунок 2.2.3 Поение заменителем молока:

*а – заполнение; б – смешивание; в – подача; г – подогрев молока
(1 – емкость молока)*

Циркуляционный насос заставляет воду бойлера двигаться с большой скоростью и обеспечивает быструю передачу тепла жидкости в стальном змеевике. Циркуляционный насос включается, если животное вызывает порцию пойла, если выполняется калибровка или цикл промывки. Если поило не вызывается, циркуляционный насос каждые 15 минут приводится в действие на 60 секунд.

Если животное с правом на получение пойла входит в бокс для выпойки и идентифицируется, то автопоилка готовит порцию пойла, если емкость миксера пустая. Пойло вызывает заземление стержневого электрода. Если у животного еще есть право на получение пойла, автопоилка готовит еще одну порцию. Если у животного больше нет такого права, клапан бокса для выпойки закрывается после освобождения стержневого электрода и по истечении времени высасывания. Если стержневой электрод остается покрытым жидкостью, клапан бокса для выпойки закрывается по истечении времени выдержки. Если животное прекращает потребление пойла, то через пять минут после приготовления порции остаток пойла поступает в емкость миксера. Этот остаток затем может быть выпит любым другим животным с правом на получение пойла.

В устройстве для выпойки телят промывают миксер, теплообменник и сосок (рис. 2.2.4) моющими растворами, пыжами или сжатым воздухом. Установка может быть оснащена комплектом для промывки. Тогда моющее средство дозируется автоматически, а вода откачивается через спускной клапан миксера.

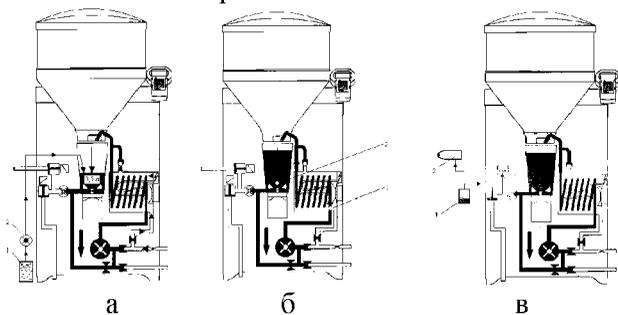


Рисунок 2.2.4 – Промывка:

- а* – моющим раствором (1 – емкость с моющим раствором; 2 – насос диафрагменный); *б-в* – схемы очистки труб (*а* – пыжом (1 – место ввода пыжа; 2 – пыж; *б* – сжатым воздухом (1 – компрессор; 2 – соска))

При проведении санитарной обработки установки необходимо соблюдать концентрацию моющих, дезинфицирующих средств и температуру воды для промывки оборудования. Промывка раствором повышенной концентрации, а также горячей или холодной водой снижает физико-химические свойства резинотехнических и полимерных изделий и качество молока.

На свинофермах при раздаче корма в индивидуальные кормушки раздатчик должен иметь возможность варьировать норму выдачи от 0,5 до 5 кг, а при раздаче в групповые – распределять ровным слоем по длине кормушки от 1,5 до 15 кг на 1 погонный метр. Неравномерность раздачи не должна превышать $\pm 10\%$ при дозировании в индивидуальные кормушки и $\pm 5\%$ – в групповые. Потери корма при раздаче не допускаются. Трубопроводный транспорт может применяться при доставке лишь жидких кормов (влажность не менее 78...80 %) из кормоцеха в свинарники. На свиноводческих фермах применяют кормление жидкими и влажными (рис. 2.2.5), а также сухими кормами [29]. Как сухой тип кормления, так и кормление влажными и жидкими смесями имеют свои преимущества и недостатки, поэтому на практике используются все виды кормления.

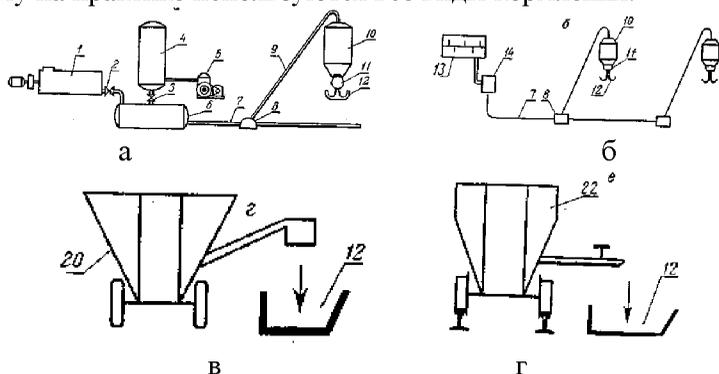


Рисунок 2.2.5 Схемы раздачи влажных и жидких кормов:

а – сжатым воздухом; б – насосами; в – прицепными кормораздатчиками; г – передвижными кормораздатчиками (1 – смеситель кормов; 2–3 – вентиля; 4– ресивер; 5 – компрессор; 6 – продувочный котел; 7–магистральный кормопровод; 8 – переключатель; 9 – отвод; 10 – бункер-накопитель кормов; 11– разводящий кормопровод с задвижками; 12–кормушки; 13 – смеситель кормов; 14 – насос; 20 – раздатчик кормов)

Кормление свиней сухими комбикормами, в частности гранулированными, снижает объем кормов и потребности в складских помещениях и транспорте, повышает усвояемость и упрощает механизацию и автоматизацию процесса кормораздачи, сокращает потери при поедании корма животными [34]. При сухом типе кормления используют схожую для большинства ферм систему раздачи корма (рис. 2.2.6).

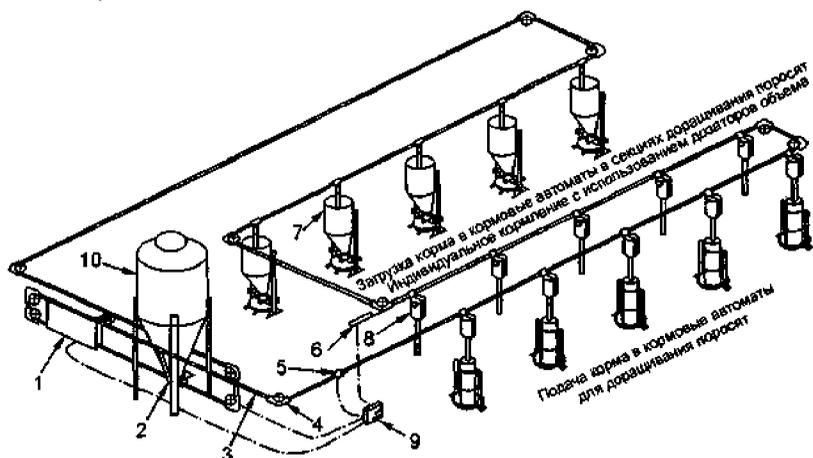


Рисунок 2.2.6 Схема процесса раздачи сухих комбикормов:

1— привод; 2 – приемная воронка; 3 – тросошайбовый транспортер; 4– поворотное устройство; 5 – сенсор отключения подачи кормов; 6 – привод объемных дозаторов кормов; 7– спускная труба; 8 – объемный дозатор; 9 – управляющее устройство; 10 – бункер для хранения сухих кормов

По величине физиологических затрат и степени напряжения систем организма свиней корм, умеренно увлажненный, является более предпочтительным для пищеварения, лучше усваивается животными, чем сухой. Поэтому оптимальным решением является увлажнение сухого корма при поедании его животными. В последнее время применяют также кормление свиней полноценными комбикормами, разбавленными водой, отходами переработки молока или пищевыми отходами до влажности около 80%. Такое кормление, во-первых, позволяет качественнее смешивать компоненты и сократить потери корма и расход питьевой воды. И, во-вторых, такой способ обеспечи-

вает точное индивидуальное или групповое дозирование и низкие производственные затраты на содержание кормораздающей системы [34].

На старых свиноводческих фермах в основном используется жидкое кормление. Применяемое для этих целей оборудование физически и морально устарело, занимает много полезной производственной площади, зачастую не выпускается отечественной промышленностью. В лучшем случае на ряде свинокомплексов используются автоматизированные системы раздачи жидкого корма по трубопроводам или полуавтоматические системы раздачи сухого корма в кормушки. Фирма «Big Dutchman» рекомендует для раздачи жидкого корма управляемую компьютером систему Hydromix для откормочного и репродуктивного поголовья (в том числе для подсосных и супоросных свиноматок и хряков при индивидуальном и групповом содержании) в любых свиноводческих предприятиях. Компания «Schauer» производит смесители жидких кормов «Liquidmix». Они представляют собой смесительные баки с интегральным насосом и взвешивающим устройством (рис. 2.2.76).

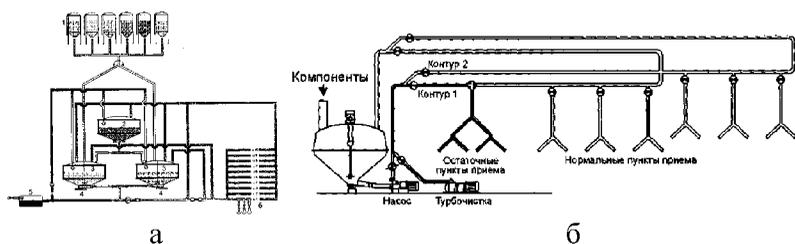


Рисунок 2.2.7 Система кормораздачи влажных кормов:
а – Hydromix-компакт (1 – кормовой силос; 2 – емкость для технической воды; 3 – емкость смешивания/кормораздачи; 4 – электронные весы; 5 – емкость для свежей воды; *б* – кормовые вентили);
б – «Schauer»

Вместо миксера используется метод импульсного смешивания, так что струя от насоса подает жидкость в разные стороны бака, что идеально для баков маленькой емкости и синхронной работы непрерывной подготовки корма. Однако жидкий корм представляет собой благоприятную среду для развития микроорганизмов, в том числе болезнетворных (патогенных). При кормлении жидкими кормами в

помещениях резко возрастают влажность воздуха и загрязненность станков, ухудшается микроклимат вследствие повышенного выделения мочи и разжиженного кала, что снижает продуктивность свиней. Важные отличия оборудования «Schauer» – очистка, удаление и обеззараживание трубопровода, предотвращение заболеваний, связанных с закисанием остатков корма в трубопроводе.

Для ферм с единовременной постановкой до 1200 животных при групповом содержании применяют стационарные кормораздатчики КВК-Ф-15 (рис. 2.2.8) для выдачи в кормушки влажных кормосмесей, приготовленных из комбикорма и воды (зерновая дерть, отруби с добавлением травяной муки, пищевые или спиртовые отходы). В состав комплекта входит бункер-питатель, в котором можно проводить ферментацию. Готовую смесь разбавляют водой и с помощью винтового электронасоса подают в кормопровод длиной до 90 м. Правый и левый кормопроводы имеют выпускные клапаны и механизмы для их открытия. Кормосмесь падает в кормушки по заданной программе. Клапаны открываются в заданное время. Равномерность раздачи корма в одном станке – 90%. Норма выдачи задается реле времени, по сигналу которого закрывается один и открывается следующий клапан. Время раздачи 30 мин. После кормления кормопровод промывают во избежание закисания корма в нем [34].

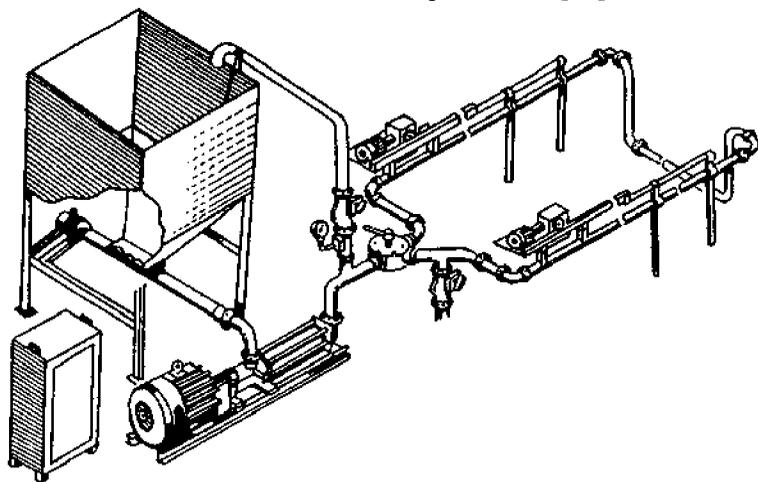


Рисунок 2.2.8 Стационарный кормораздатчик влажных кормосмесей КВК-Ф-15

Технологические расчеты мобильных и стационарных кормораздатчиков отображает система уравнений, включающая основные параметры. Основными параметрами являются производительность раздатчика (Q_ϕ), количество животных (m), масса корма одному животному (q) и целой группе (G). Кроме того, учитывают также продолжительность раздачи ($T_{разд}$), переезда от места содержания животных к месту загрузки (T_1), загрузки (T_2), транспортирования корма от места загрузки к месту раздачи (T_3), простоев по технологическим причинам (T_4), технического обслуживания (T_5), ремонта (T_6), продолжительность переезда от одной линии раздачи к другой (T_7), если емкость кузова позволяет обеспечить раздачу в нескольких линиях.

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = F \vartheta \rho = M^2 \cdot \frac{M}{c} \cdot \frac{KZ}{M^3} = \frac{KZ}{M} \cdot \frac{M}{c} = q \cdot \vartheta \\ \frac{G_{разд}}{T_{разд}} \leq Q_\phi = \frac{G_{разд}}{T_{цикла}} \\ T_{цикла} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_{разд} \\ t \leq (T_{зоом} = 2 \text{ часа}) = \frac{G}{Q_\phi} = \frac{qm}{Q_\phi} = \frac{(qm)T_{цикла}}{G_\phi} = \frac{(qm)T_{цикла}}{V\rho\varphi} \\ n = \frac{t}{T_{зоом}} \end{array} \right. \quad (2.2.1)$$

Технологический расчет кормораздатчиков включает определение соответствия каждой составляющей уравнению неразрывности кормового потока (рис.2.2.6) $F_1 \vartheta_1 \rho = F_2 \vartheta_2 \rho = \dots = F_k \vartheta_k \rho$ (где F_1, F_2, \dots, F_k – сечение слоя корма на транспортерах раздатчика и в кормушке; $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_k$ – скорость перемещения корма в раздатчике самого мобильного раздатчика).

Каждая составляющая уравнения неразрывности потока при раздаче кормов представляет собой производительность рабочего органа раздатчика. Количество корма, которое необходимо выдать группе животных (или в одном помещении, или на ферме) – $G = qm$. При раздаче корма в групповые кормушки корм должен быть распределен равномерно по длине кормушки. Тогда удельная норма выдачи на единицу длины кормушки

$$q_{y\partial} = \frac{G}{L} = \frac{G}{l_m} = \frac{q}{l}, \quad (2.2.2)$$

где L – длина кормушек, м; l – фронт кормления на одно животное, м/гол.

Из уравнения неразрывности потока можно определить любую неизвестную величину, если известны остальные. Обычно норма выдачи корма на одно животное известна из зоотехнических требований. Оттуда же известен и фронт кормления на одно животное. Тогда будет известна и удельная норма выдачи $q_{y\partial}$. При известных конструкторских параметрах рабочих органов раздатчиков изменять можно только их режимы работы, то есть скорость подачи корма и коэффициент заполнения рабочего органа или высоту слоя корма. Если рабочим органом мобильного раздатчика является ленточный или планчатый транспортер, то удельную норму выдачи корма регулируют высотой слоя корма с учетом соотношения скорости транспортера и самого раздатчика будет (при заданной высоте слоя корма)

$$\frac{g_k}{g_1} = \frac{B \cdot H \cdot \rho \cdot k}{q_{y\partial}} \rightarrow H = \frac{g_k \cdot q_{y\partial}}{B \cdot g_1 \cdot \rho \cdot k}. \quad (2.2.3)$$

Если рабочим органом раздатчика является скребковый транспортер (КУТ-3,0Б), а вторым рабочим органом является шнек, то частоту его вращения можно определить

$$n = \frac{B_c \cdot h \cdot g_2 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 4}{\pi(D^2 - d^2)S \cdot \rho \cdot \varphi} = \frac{4 \cdot g_k \cdot q_{y\partial}}{\pi(D^2 - d^2)S \cdot \rho \cdot \varphi}. \quad (2.2.4)$$

Если параметры рабочих органов раздатчиков известны и заданы режимы их работы, то можно определить скорость мобильного раздатчика

$$g_k = \frac{Q}{q_{y\partial}}. \quad (2.2.5)$$

Для стационарного ленточного или пластинчатого раздатчика в этой формуле g_k – скорость рабочего органа, а Q – производительность загрузочного устройства.

Некоторые стационарные раздатчики распределяют корм не в кормушки, а в дозаторы, расположенные над индивидуальными или

групповыми кормушками. В этом случае распределение корма вдоль кормушки зависит от конструкции дозатора, а не от режимов работы раздатчика. К таким раздатчикам относятся тросошайбовые, шнековые (РК-1000), подвесные скребковые, винтовые. Для таких раздатчиков поток корма должен соблюдаться при загрузке раздатчика и транспортировании его в дозаторы или индивидуальные кормушки. Стационарные кормораздатчики типа РВК-Ф-74, КВ-150 и другие применяются, в основном, в помещениях с узкими кормовыми проходами и въездными воротами высотой до 2,4 м. Стационарная система кормораздачи имеет ряд недостатков. Прежде всего, подобные кормораздатчики не обеспечивают абсолютной надежности технологического процесса, а их резервирование в условиях животноводческих ферм практически исключено. Технологические линии с такими машинами обычно громоздки, материалоемки и очень энергоемки, требуют больших эксплуатационных издержек и затрат на поддержание их в работоспособном состоянии. К недостаткам стационарных установок следует отнести также низкий коэффициент использования сложного и дорогостоящего оборудования. К примеру, стационарные кормораздаточные транспортеры работают на ферме всего не более одного часа в сутки. Недостатки присущи также и комбинированным системам, когда часть операций процесса осуществляется прицепными кормораздатчиками, а часть – стационарными установками (рис. 2.2.9).

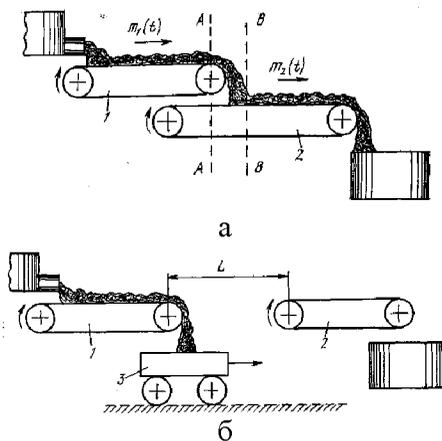


Рисунок 2.2.9 Режимы транспортировки корма [32]:
а – непрерывный; б – разрывной

Передвижные кормораздатчики используются повсеместно в тех зданиях, где ширина кормовых проходов и высота въездных ворот позволяют свободное их передвижение. Если металлоемкость стационарных раздатчиков составляет 38-40 кг на 1 м фронта кормления, то мобильных — 9,3 кг. Мобильный кормораздатчик может обслуживать не одну, как стационарный транспортер, группу животных, а несколько или всю ферму, повышая тем самым коэффициент использования оборудования. В случае выхода из строя одного раздатчика его легко заменить исправным. На сегодняшний день раздача корма на фермах крупного рогатого скота осуществляется в основном мобильными бункерными кормораздатчиками типа КТУ-10А и РММ-Ф-6. Данные машины, несмотря на то, что могут обслужить значительное поголовье животных (КТУ-10 - до 800 голов, РММ-Ф-5 - до 400 голов), размещенных в удаленных друг от друга помещениях, способны за один цикл выполнить операции только по транспортировке и раздаче кормов. На приготовление 1 т кормосмеси оборудованием кормоцеха КЦК-5 необходимо затратить 5,5 кВт·ч электроэнергии. Кроме того, необходимы определенные энергетические затраты на раздачу кормов мобильным кормораздатчиком типа КТУ-10.

Смесители - раздатчики являются наиболее простыми машинами из семейства многофункциональных агрегатов. В них в качестве основного смешивающего органа применяются либо лопасти, либо шнеки в различных конструкторских исполнениях. Примером может служить прицепной раздатчик-смеситель РСР-10 или его модификация АРС-10. Мобильные раздатчики-смесители типа РСР-10 и АРС-10 удовлетворительно работали лишь при качественном измельчении используемых кормов (размер частиц до 3-5 см) с равномерной поточной загрузкой их в бункер раздатчика. В практических конкретно хозяйственных условиях во многих случаях они оказались неработоспособными вследствие некачественного измельчения заготавливаемой массы грубых и сочных кормов (нарушения технологических норм) и непригодности к загрузке в них кормов большими порциями крупногабаритными тракторными погрузчиками. Применение же мобильных кормораздатчиков-смесителей АРС-10 и РСР-10 требует незначительных затрат энергии (0,35 кВт·час/т). Экономия энергии на 1 тонну смешанного и розданного корма составляет около 5 кВт·час. Таким образом, технология кормления с использованием РСР-10 и АРС-10 была более прогрессивной. Но сами раздатчики-

смесители в техническом отношении ее не удовлетворяли из-за металлоемкости и энергоемкости и значительных габаритов машин, не позволявших их эксплуатацию во многих типовых помещениях для КРС. Кроме того, в процессе раздачи корма происходило раздавливание компонентов кормовой смеси, что ухудшало ее качество. Смесители-раздатчики выпускают в настоящее время многие зарубежные фирмы, в частности: «Логифеед», «Редрок» (Нидерланды), «Кун» (Франция), «Ксенон», «Рогн» (Германия), «Тааруп» Дания, «Секо» Италия и другие.

Мобильные кормоприготовители-раздатчики зарекомендовали себя в животноводческой практике настоящими «кормоцехами на колесах». Их применение, объединяющее загрузку, перемешивание и раздачу кормов в один технологический прием, при малой потребной мощности существенно минимизирует трудозатраты, экономит на 50% потребление энергии. Это, прежде всего, касается хозяйств, имеющих стада с продуктивностью скота 3800-4500 литров молока на корову за лактацию, не обладающих пока должным опытом высокотехнологического производства с автоматизацией процессов и только осваивающих современную технологию и технику [33].

Все представленное на рынке многообразие мобильных приготовителей-раздатчиков можно подразделить на прицепные машины с самозагрузкой, без нее и самоходные установки с самозагрузкой. Расположение оси шнека — горизонтальное или вертикальное — оказывает влияние на качество приготовленной кормосмеси и срок эксплуатации самого смесителя. Измельчители с двумя горизонтальными шнеками производят одновременную раздачу корма на две стороны в отличие от вертикальных, способных раздавать кормовую смесь или на одну или на другую сторону поочередно. Поэтому использование горизонтальных кормораздатчиков приводит к экономии времени и ГСМ. Степень измельчения длиноволокнистых кормов у вертикальных смесителей ограничена конструктивными особенностями раздатчика и не зависит от длительности измельчения, что может не соответствовать зоотехническим требованиям относительно длины фракции кормовой смеси. Количество шнеков при вертикальной конструкции раздатчика-смесителя не влияет на степень измельчения. Принцип смешивания «вулкан» у смесителей-раздатчиков с вертикальной конструкцией шнеков определяет необходимость соблюдать очередность загрузки сыпучих компонентов из-за вероятности оседа-

ния сыпучих компонентов на днище и лопасти шнека и возможному неравномерному смешиванию кормов и их перерасходу. Наличие ломаной передачи у измельчителей-смесителей с вертикальными шнеками требует применения тракторов повышенной мощности, удорожая процессы кормления. Измельчителями-раздатчиками с вертикальным шнеком сложно обеспечить требуемую равномерность раздачи кормов. Поэтому они более приемлемы для кормления крупного рогатого скота при беспривязном содержании стада [33].

К многофункциональным агрегатам предъявляют требования относительно качества приготавливаемой кормовой смеси. Качество кормов должно быть не ниже 1 класса. Размер частичек компонентов смеси – не более 50 мм. Однородность готовой кормосмеси – не менее 90%. Экспозиция смешивания исходных компонентов – не менее 10 минут. Такие агрегаты, как правило, являются мобильными, но притом делятся на две группы: самоходные и прицепные. Измельчители-смесители-раздатчики имеют чаще всего лопастные шнековые или комбинированные рабочие органы, снабженные приспособлениями для измельчения. В настоящее время только на европейском рынке представлено свыше 400 моделей и модификаций смесителей-кормораздатчиков, которые производит около 30 фирм. Практически все модели оборудуются электронной системой взвешивания, которая обеспечивает поступление исходных компонентов в бункер в соответствии с рецептом.

Два горизонтальных шнека с двухсторонней навивкой и центральный противонож кормораздатчика ИСРК-12 измельчают длинноволокнистые корма в рулонах и тюках без предварительной разделки. Для доизмельчения массы по всей длине витков шнека установлены ножи с волнистой кромкой лезвия с насечкой. Для смешивания компонентов корма каждый шнек имеет противоположную навивку витков, обеспечивающих транспортирование смешиваемых компонентов в середину и вверх.

В средней части шнека имеются лопасти, направляющие потоки массы вверх. Слева по ходу кормораздатчика, в средней части бункера, установлен выгрузной цепочно-планчатый транспортер с гидроприводом. Время приготовления кормосмеси после загрузки последнего компонента не превышает 5-7 минут. Двухскоростной редуктор кормораздатчика дает возможность получения в комбинации с двумя скоростями вращения ВОМа трактора (540 и 1000

об/мин.) четыре скорости вращения шнеков. Такая конструкция дает возможность выбирать оптимальные режимы работы в зависимости от плотности и спрессованности кормов.

Норма выдачи кормосмеси (рис. 2.2.10) регулируется шиберной заслонкой выгрузного люка, открываемой с помощью гидроцилиндра. Величина открытия шибера контролируется визуально по положению рычага, связанного со штоком гидроцилиндра, и меткам, нанесенным на специальную линейку, закрепленную на передней стенке бункера. Агрегат имеет приемлемые габаритные размеры для большинства скотоводческих ферм на территории стран СНГ. Производительность ИСРК-12 с бункером емкостью 12 куб.м. обеспечивает кормом 1000 и более голов за смену. Электронная система взвешивания обеспечивает приготовление различных рецептов кормосмеси из 10 и более компонентов (зеленая масса, силос, сенаж, рассыпное и спрессованное сено, солома, комбикорм, корнеплоды, а также корм в виде брикетов и даже жидкие кормовые добавки и меласса). При необходимости количество загружаемых кормов и выданных кормосмесей может быть зафиксировано и документировано.

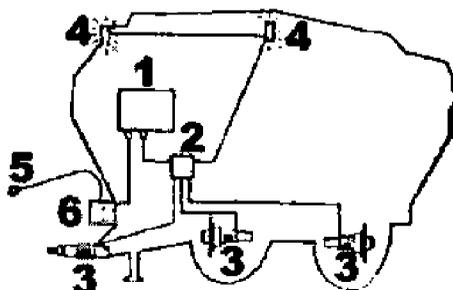


Рисунок 2.2.10 Схема весоизмерительного устройства [33]:

- 1 – микропроцессорный блок управления; 2 – распределительный блок; 3 – весоизмерительные датчики; 4 – сигнальные лампы;
- 5 – аккумулятор; 6 – разъемная вилка

Это открывает возможность внедрить систему автоматизированного менеджмента дойного стада и с ее помощью обеспечивать точное задание необходимого и достаточного количества корма, возможность повышения продуктивности коров посредством совершенствования процесса кормления и контроль за этим со стороны спе-

циалистов и руководства хозяйства. Внедрение такой системы особенно быстро оправдывает себя при часто меняющихся рационах, а также, если агрегат обслуживается посменно несколькими работниками.

Кормораздатчик ИСРК-12Ф «Хозяин» отличается от базовой модели наличием бульдозерного ножа и загрузочной фрезы, предназначенной для загрузки силоса прямо из траншеи. Реверсивная фреза позволяет производить загрузку силоса по всей высоте траншеи до 4 метров с производительностью не менее 3,0 тонн за 5 минут. Загрузка силоса фрезерным погрузчиком и смешивание компонентов корма в смесительном бункере кормораздатчика происходит одновременно (рис. 2.2.11).

Установка дополнительного оборудования — грейферного погрузчика механизмирует загрузку длиноволокнистых компонентов (сено, солома, сенаж) кормосмеси. Конструкция погрузчика смонтирована на задней стенке кормораздатчика ИСРК-12 «Хозяин» и не увеличивает габариты машины по высоте и ширине в транспортном положении и позволяет осуществлять подачу кормораздатчика в зону загрузки задним ходом трактора, в том числе и в траншеи для сенажа. Угол поворота грейфера — 240° , максимальная высота вылета стрелы — 3200 см, грузоподъемность — 350 кг.

Приводится в действие от бортовой гидросистемы кормораздатчика и управляется одним трактористом-оператором из зоны загрузки. Многие европейские аналоги кормораздатчиков оснащаются грейферными погрузчиками, смонтированными на боковой стенке установки.

Это, во-первых, увеличивает габариты кормораздатчика и практически исключает возможность загружать компоненты кормов из силосных траншей (в траншею раздатчик можно подать только задним ходом трактора).

Во-вторых, угол поворота, достигая лишь 170° , уменьшает фронт его загрузки. И, в-третьих, раздатчик не вписывается по ширине кормовых проходов. Освоено производство новой модификации ИСРК-12 «Хозяин» — смесителя-раздатчика кормов СРК-11В «Хозяин» с вертикальным шнеком. Не рекомендуется использование смесителей-раздатчиков с вертикальными шнеками для измельчения длиноволокнистых кормов, так как степень измельчения не соответствует зоотехническим нормам.

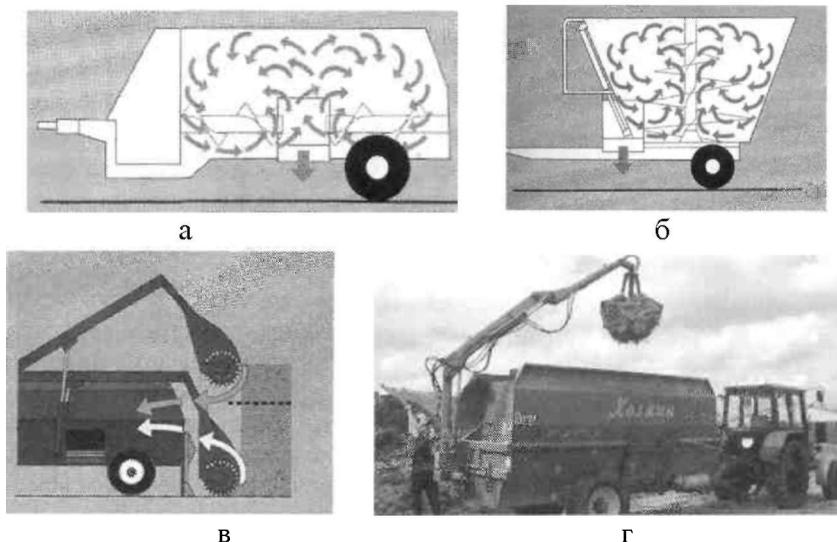


Рисунок 2.2.11 Схемы многофункциональных кормоприготовителей-раздатчиков: (а – с горизонтальными шнеками; б – с вертикальным шнеком; в – с фрезой; г – с грейферным погрузчиком)

Используется раздатчик ИСРК-12 в основном для кормления крупного рогатого скота на фермах молочного направления с шириной кормового проезда не менее 2 м и имеет возможность раздачи кормосмесей на обе стороны, как при помощи регулируемого транспортера (до 0,7 м), так и лотка. При переходе на кормление кормосмесями использование традиционных кормушек с высокой задней стенкой становится нецелесообразным. Устройство вместо двух рядов кормушек и кормового прохода так называемого «кормового стола» облегчает работу раздатчиков-смесителей, а также устраняет трудоемкий процесс очистки традиционных кормушек. Конфигурация и устройство кормовых столов могут быть различными в зависимости от способа содержания коров и параметров переоборудуемого коровника (рис. 2.2.12). При новом строительстве или переоборудовании действующих коровников для беспривязного содержания коров кормовой стол может быть выполнен с кормовыми желобами глубиной 150 мм и шириной 600 мм или без них. Кормовой стол должен быть на 20 см выше уровня пола кормонавозного прохода и огражден от животных кормовой решеткой с самофиксацией коров или ограничи-

тельными трубами над холкой. Кормовой желоб и место раздачи кормов кормового стола покрывают пластиком или керамическими плитками. Для бесперебойной работы раздатчика-смесителя с трактором требуются хорошие дороги с твердым покрытием. Поэтому перед внедрением этой техники на фермах нужно позаботиться о дорогах между хранилищами кормов и животноводческими помещениями, чтобы предотвратить срывы графиков кормления животных [33].

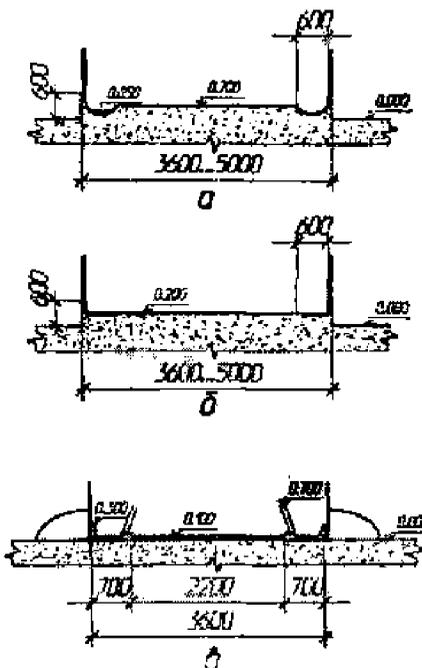


Рисунок 2.2.12 Формы и размеры кормовых столов:
 а) стол с желобом, б) плоский стол, в) схема переоборудования существующих кормушек

Мобильные транспортно-технологические кормоагрегаты на автомобильном шасси эффективны лишь при интенсивно-индустриальной эксплуатации на крупных скотооткормочных комплексах или при обслуживании молочных ферм средних размеров, удаленных друг от друга. В последнем случае желательно наличие дорог с твердым покрытием, хотя прочность и устойчивость ходовой

части самоходных установок выше. Такие агрегаты, несмотря на свою мощность, производительность и многофункциональность, настолько дороги, что даже в условиях животноводческого производства западноевропейских стран (где техника относительно дешева, а живой труд высокооплачиваем) рентабельны только при обслуживании высокопродуктивного поголовья минимум в 800 коров. А на отечественных фермах этот показатель должен быть значительно выше, так как для достижения ресурсоэффективности использования самоходок необходимо повышение коэффициента загрузки машин. В любом случае на ферме должно быть не менее двух раздатчиков с учетом возможных неисправностей.

Эксплуатируемые помещения построены по разным проектам, они имеют различную ширину зданий (от 9 до 24 м) и кормовых проходов при различной высоте и ширине въездных ворот. Применение мобильных раздатчиков на тракторной тяге требует устройства утепленных тамбуров или устройства воздушных завесов возле въездных дверей производственных помещений, чтобы холодный воздух не попадал в помещение для скота во время заезда и выезда кормораздатчика. Для таких раздатчиков требуются кормовые проходы шириной от 1,4 до 2,2 м в зависимости от типа кормораздатчика, твердого покрытия дорог. Электрифицированные кормораздатчики (на рельсах) требуют загрузочного средства в тамбуре или в производственном помещении. Стационарные кормораздатчики не требуют для своего размещения кормового прохода, поскольку в одном случае они совмещаются с кормушками (ТВК-80), в другом – размещаются над кормушками (тросошайбовые, гидравлические).

Таблица 2.2.2 – Условия применения кормораздатчиков

Наименование	Раздатчики	
	Мобильные	Стационарные
Наличие утепленных тамбуров	+	–
Ширина кормовых проходов, м	1,4...2,2	–
Наличие подъемной петли молокопровода и вакуумного трубопровода	+	–
Наличие твердого покрытия дороги	+	–
Наличие загрузочного устройства в тамбуре или производственном помещении	+	+

Протяженные поточные линии характеризуются непостоянством энергетических затрат при выполнении цикла работ. Как видно из графика энергетических затрат при раздаче корма скребковыми транспортерами типа ТВК (рис. 2.2.13), полный цикл их работы можно подразделить на два этапа: запуск и собственно раздача корма. Первый этап характеризуется быстрым, но незначительным ростом энергетических затрат преодоления момента инерции во время запуска транспортера. Во втором этапе рост энергетических затрат прямо пропорционален времени протекания процесса раздачи кормов. Чем больше по времени работает транспортер, тем больше корма поступает на его ленту или цепь, смонтированные в лотке кормушки, то есть тем выше полное тяговое сопротивление рабочего органа транспортера. В конечный момент раздачи в кормушках будет находиться максимальное количество корма. Поэтому потребную мощность электродвигателя и определение энергетических затрат на работу скребковых транспортеров определяют по формуле $N = Fg$. Общее тяговое сопротивление определяется по формулам, приведенным в таблице 2.2.3.

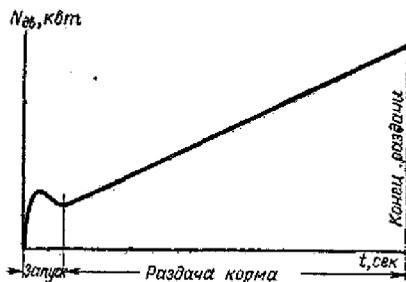


Рисунок 2.2.13 График энергетических затрат транспортера

Мощность (табл. 2.2.3), затрачиваемая на привод рабочих органов раздатчиков, зависит от их конструкции и, соответственно, величины их тягового сопротивления

$$N = \frac{\sum P_i}{\eta} \cdot g = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + P_4)}{\eta} \cdot g. \quad (2.2.6)$$

Количество стационарных кормораздатчиков определяется только планировочным решением помещения. Например, раздатчики внутри кормушек (ТВК-80) предназначены для одного ряда животных.

Таблица 2.2.3 – Тяговые сопротивления

Наименование	Усилие			
	Трение корма о дно	Трение троса о дно	Усилие заклинивания	Усилие на привод колеса
	$P_1 = qLgf$	$P_2 = mLgf_0$	$P_3 = q_0z$	$P_4 = \frac{Mgf_k}{r}$
скребковый	q – вес корма на единицу длины транспортера; L – длина транспортера; f – коэффициент трения корма о дно и боковые стенки	m – вес одного погонного метра цепи транспортера; f_0 – трение скребков о дно кормушки	q_0 – усилие от заклинивания одного скребка (15...20Н); z – число скребков	
Платформенный	q – вес корма на единицу длины транспортера; L – длина платформы;			M – масса нагруженной платформы; f_k – трение качения; r – радиус колеса
Тросошайбовый	$q = \frac{\pi d^2}{4} \rho \varphi$ – вес корма на единицу длины транспортера; L – длина транспортера;	m – вес одного погонного метра цепи транспортера; f_0 – трение шайб о трубопровод	q_0 – усилие от заклинивания одной шайбы (15...20Н); z – число шайб	
мобильный				M – масса раздатчика;

2.3 Оборудование для доения и первичной обработки молока

2.3.1 Доильные установки

При привязном способе содержания коров применяют два конструктивных варианта доильных установок – с ведрами и с молокопроводом. Их общими элементами являются вакуумный насос и регулятор вакуума, вакуумные трубопроводы и доильные аппараты. Установки с доением в ведра применяются эффективно в индивидуальных хозяйствах для доения одной или одновременно двух коров. Они являются передвижными, смонтированными на двухколесной тележке.

Практически на всех крупных фермах применяются доильные установки с доением в молокопровод. Технология процесса доения в них требует создания двух вакуумных систем. Первая вакуумная система создается в вакуумных трубопроводах и обеспечивает вакуум в межстенном пространстве доильных стаканов. Вторая вакуумная система создает вакуум под соском коровы и обеспечивает транспортировку молока по молочным трубопроводам в молокоприемник. Взаимосвязанная работа двух систем создает необходимый такт работы сосковой резины, регулируемый пульсатором. Принципиальная технологическая схема (рис. 2.3.1.1) доильной установки АДС-100 включает один поперечный магистральный вакуумный трубопровод (10) и две рабочие ветви.

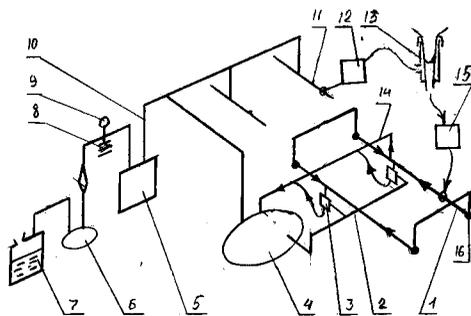


Рисунок- 2.3.1.1 Схема доильной установки АДС-100:

- 1, 2, 10, 11 – трубопроводы; 3 – дозатор; 4 – молокоприемник;
5 – баллон; 6 – насос водокольцевой; 7 – емкость для воды; 8 – регулятор;
9 – вакуумметр; 12 – пульсатор; 13 – стакан доильный;
14 – трубопровод транспортный; 15 – коллектор; 16 – разделитель

Каждая рабочая ветвь включает в себя молочный (1) и вакуумный (11) трубопроводы. Вакуумные трубопроводы каждой ветви тупиковые. Молочные трубопроводы закольцованы и соединены с молокоприемником (4). Молоко из доильного стакана (13) попадает в коллектор (15). После коллектора молоко может двигаться по молочному трубопроводу (1) как влево к дозатору (3), так и вправо к подъемной петле. В узлах подъемной петли устанавливают разделители (16), перекрывающие молочный трубопровод (1). Молоко, попадая в дозаторы (3), дозировано по трубопроводу (14) переправляется в молокоприемник (4). Трубопровод (2), также соединяющий молокоприемник с дозаторами (3), предназначен для создания вакуума в дозаторах. Молоко из молокоприемника (4) откачивается молочным насосом.

Схема доильной установки АДМ-8А (рис. 2.3.1.2) отличается от доильной установки АДС-100 тем, что дозаторы в ней устанавливаются не в коровнике, а в молочном блоке. При этом в коровнике уменьшается количество сборных узлов, повышая гигиену молока.

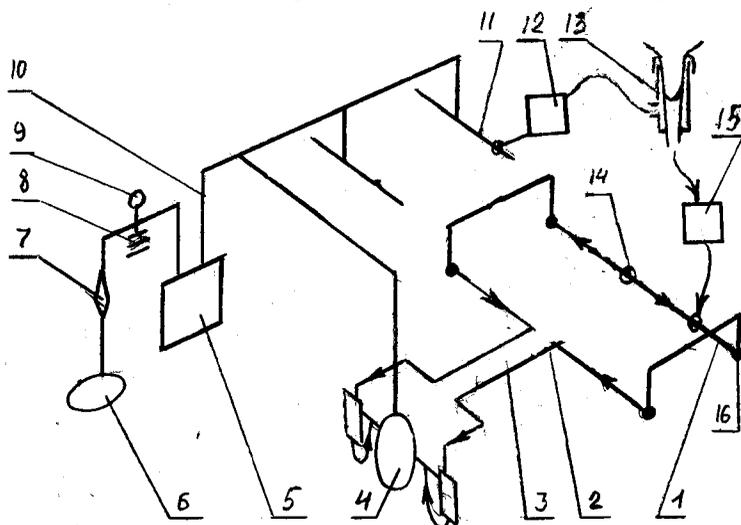


Рисунок- 2.3.1.2 Схема доения коров на установке АДМ-8:
 1, 2, 10, 11 – трубопроводы; 3 – дозатор молока; 4 – молокоприемник;
 5 – баллон вакуумный; 6 – насос водокольцевой; 7 – предохранитель;
 8 – регулятор вакуумный; 9 – вакуумметр; 12 – пульсатор;
 13 – стакан доильный; 14 – разделитель; 15 – коллектор;
 16 – петлеподъемник

Однако путь движения молока и количество автоматических устройств подъема петель увеличивается. Большая протяженность молочного трубопровода способствует нарушению его прямолинейности и ухудшению стабильности вакуумных режимов, образованию молочных пробок и потере жирности молока. Гигиена доения в стойлах со сбором молока в ведра или молокопровод не может обеспечить требования к высокому качеству и безопасности молока. На гигиену вымени и качество молока отрицательно влияет и тот факт, что в дождливый период, особенно осенний, почва с пастбища или навоз с выгульных дворов заносится животными и оседают в стойлах коровника. Животные после их перегона стремятся сразу же после выдаивания лечь в стойлах, что является одной из причин загрязнения сосков вымени и мастита дойного стада.

Доение в стойлах создает серьезные физические трудности и для дояров, которые вынуждены делать сотни приседаний за период дойки и находиться в неудобной позе. Принудительная технология содержания коров нарушает формы естественного поведения животных, что приводит к недостаточной подвижности. Попытки решить эту проблему путем организации ежедневных прогулок стада на практике, как правило, приводят к повышению затрат труда и увеличению нежелательных факторов для животных, особенно в осенние и зимние периоды выгулов. При неблагоприятных погодных условиях коровы попадают из помещения с влажным и теплым (+10...+15°C) воздухом на выгульную площадку с наружной температурой зимой до -15...-20°C. Это часто приводит к простудным заболеваниям коров, что является одной из причин потерь высокопродуктивных животных.

Машинное доение в стойлах морально устарело и неэнергоэкономично. Этих недостатков лишены доильные установки с доением на площадках. Доильные установки со стационарными доильными аппаратами (например, «Тандем», «Елочка», «Карусель»), как правило, применяются в коровниках с беспривязным содержанием коров. Поэтому в этих установках доение коров осуществляется не в коровнике, а в доильном зале (рис. 2.3.1.3). Характерно для отечественных молочных ферм поголовье в 400 голов, содержащееся в стандартном коровнике (2x200) на привязи, обслуживается 8 операторами, а при доении в доильных залах, например, на установке «Параллель» 2x20, будет обслуживаться двумя операторами. В центре доильной площадки имеется траншея для доярки. Глубина траншеи выбирается та-

ким образом, чтобы доярка могла легко надевать доильный аппарат на вымя коровы. Молочные трубопроводы (12) прокладываются на стенках траншеи. Такое конструктивное решение выгодно отличает эти установки от установок с переносными доильными аппаратами, где молочные трубопроводы устанавливаются сверху стойла и в шлангах создается избыточное гидростатическое давление. Еще ниже молокопроводов в траншее монтируются промывочные трубопроводы (1), которые отсутствуют в доильных установках с переносными доильными аппаратами. Это связано с тем, что переносные доильные аппараты моют в ваннах с моющим раствором. Вакуумные трубопроводы (13) монтируют в верхней части ограждения стойла.

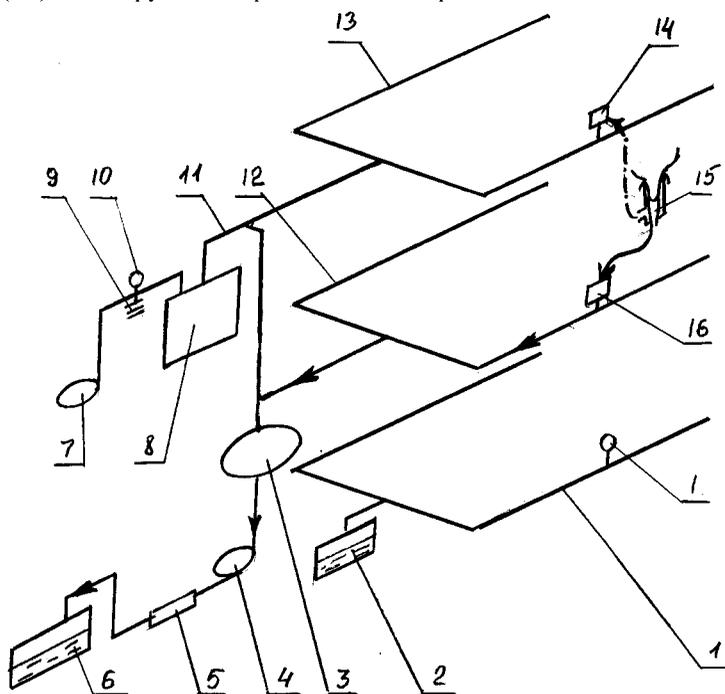


Рисунок- 2.3.1.3 Доильная установка с доением на площадке:

а) принципиальная схема (1, 11, 12, 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)

В доильных установках «Тандем») коров доят в индивидуальных станках. Такими установками доят высокопродуктивных коров, которые при доении изолированы друг от друга и меньше мешают друг другу. В доильной установке «Елочка» коров доят в групповом станке. При этом выпустить коров из станка можно только после их выдаивания. В результате тугодойкие коровы задерживают всю группу и снижают производительность установки.

Особой формой установок типа «Елочка» являются доильные установки «Параллель», в которых коровы расположены под прямым углом к траншее доярки. Большинство этих установок оснащаются устройствами быстрого выгона: передние барьеры всех станков поднимаются одновременно, выпуская коров.

Однако увеличение затрат на подвижные заградительные решетки и дополнительные площади повышает пропускную способность этих установок всего на 6–7%. Одна из причин – сложность контроля передних четвертей вымени коров во время доения. Доильная площадка типа «Карусель» представляет собой вращающуюся платформу, на которой радиально, последовательно или под углом расположены доильные станки. Преимущество таких установок в том, что смена животных у доильных станков происходит почти полностью автоматически. Поэтому затраты времени дояра на организацию смены животных минимальны.

Проводимое в доильных залах, машинное доение является совокупностью действия механических устройств и выполняемой человеком физической работы (операции перед дойкой и надевание доильных стаканов). В отличие от этого физическая работа в системах с роботом заменена полностью автоматическими устройствами.

Новейшую технологию доения коров [36–37] представляют собой доильные роботы (рис. 2.3.1.4). Роботизированная установка представляет собой огражденную с четырех сторон доильную площадку, на которой может поместиться одна корова. После того как корова заходит в помещение доения, кожух (7) получает сигнал и опускается на шарнире (8) для выполнения операции доения. Подвижный рукав (5), на конце которого расположено сканирующее устройство (3) и щетки (4), поворачивается вокруг шарнира (6) в направлении к вымени коровы. После сканирования вымени и очистки щетками на соски надеваются доильные аппараты (1).

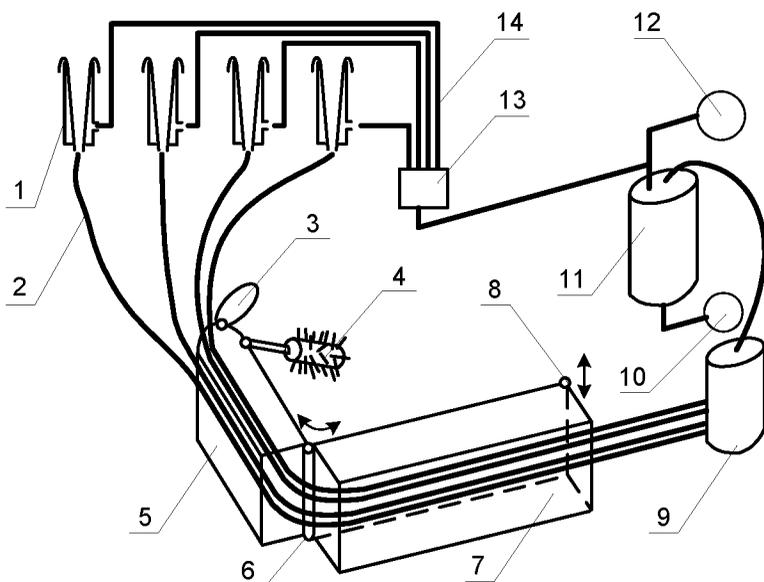


Рисунок- 2.3.1.4 Схемы доильного робота:

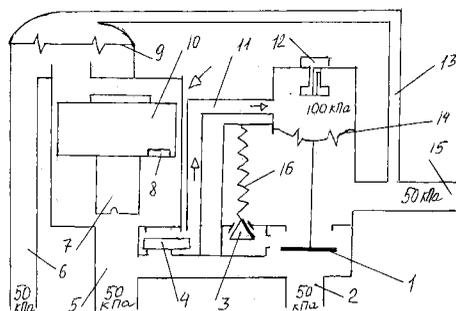
а) принципиальная (1 – доильный аппарат; 2 – шланг молочный; 3 – сканер; 4 – щетки; 5 – рукав; 6 – шарнир; 7 – кожух; 8 – ось; 9 – счетчик молока; 10 – насос молочный; 11 – молокоприемник; 12 – насос; 13 – блок пульсаторов; 14 – шланг вакуумный

Доят коров доильными аппаратами. Современные доильные аппараты функционируют на принципе двойного вакуума. Практически осуществление принципа двойного вакуума применено в доильном аппарате Дуовак (рис. 3). Корпус Дуовака соединен с вакуумной линией, которая постоянно поддерживает вакуумметрическое давление 50 кПа. Датчик потока соединен с молочной линией, имеющей такой же уровень вакуума, как и вакуумная линия. Поплавок в датчике потока имеет магнит. Другой передвижной магнит находится в блоке управления. Эти два магнита и являются той технической новинкой, которая позволяет регулировать уровень вакуума в зависимости от количества выделяемого молока в единицу времени [38].

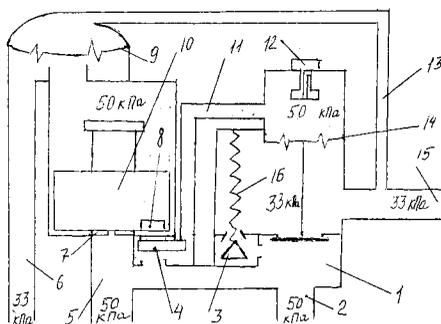
В фазе нормального доения вакуум (50 %) создается через Дуовак в пульсаторе и доильном аппарате. Большое количество выделяемого молока поднимает поплавок. При высокой молокоотдаче молоко

поднимает поплавок, который, в свою очередь, поднимает дренажную трубку и дает возможность свободному выходу молока в молокопровод. В верхнем положении магнит поплавка не может притягивать магнит в блоке управления. Вход воздуха открыт. Вследствие перепада давления мембрана 14 прогибается вниз, и благодаря этому вакуумная линия напрямую соединена с пульсатором (рис. 2.3.1.5а). В фазе стимуляции и в фазе додаивания Дуовак уменьшает вакуум, подаваемый на пульсатор и доильный аппарат, до 33 кПа (рис. 2.3.1.5б). При низкой молокоотдаче, дренажная трубка и поплавок находятся на дне датчика и все молоко может пройти через отверстие в днище дренажной трубки. Во время фазы стимуляции или при додаивании низкий вакуум подается сверху диафрагмы 9 блока молокоотдачи. Диафрагма создает тот же низкий уровень вакуума в молочном шланге путем сохранения расстояния к отверстию в датчике молокоотдачи, сбалансированном с воздухом и вакуумными уровнями. Молокоотдача настолько мала, что оно проходит через дренажную трубку и не поднимает поплавок. Магнит в блоке управления переходит в верхнее положение и закрывает вход воздуха в воздушный канал 11. При подаче вакуума в камеру диафрагма 14 перемещается вверх и поднимает клапан 1, который перекрывает прямой путь вакуума к пульсатору. Вместо этого вакуум подается в пульсатор через редукционный клапан 3. Пружина в редукционном клапане балансирует вакуум на уровне 33 кПа. Верхняя сторона диафрагмы 9 в блоке регулирования соединена с малым вакуумом через контрольную трубку.

Диафрагма под давлением перемещается в нижнее положение и перекрывает отверстие, ведущее к датчику потока (молокоотдачи). Уровень вакуума в доильном аппарате уменьшается, поскольку воздух начинает поступать непрерывно. Диафрагма поддерживает вакуум на уровне 33 кПа. Для того чтобы вручную перейти от низкого уровня вакуума к рабочему уровню для фазы доения, оператору необходимо перевести в верхнее положение клапан 12 на корпусе Дуовака. Воздух поступает в камеру через отверстие на оси клапана. Клапан 1 открывается, и вакуум фазы доения поступает в пульсатор и на верхнюю сторону диафрагмы 9 в блоке регулирования. Когда молокоотдача увеличивается, воздух поступает в камеру обычным путем – по каналу 11. Клапан 1 возвращается в исходное положение, и уровень вакуума снова автоматически регулируется [38].



а



б

Рисунок 2.3.1.5 Схема работы датчиков системы Дуовак:
а) в режиме доения (1 – клапан; 2 – патрубок, соединяющий блок управления с вакуумным трубопроводом; 3 – клапан дросселирующий; 4, 8 – магниты; 5 – патрубок, соединяющий блок молокоотдачи с молочным трубопроводом; 6 – патрубок; 7 – дренажная трубка; 9, 14 – мембраны; 10 – поплавок; 11 – воздушный канал; 12 – клапан ручной настройки уровня вакуума для фазы доения; 13 – канал; 15 – патрубок, соединяющий блок управления с распределителем вакуума на крышке коллектора; 16 – пружина);
б) в режимах стимуляции и додаивания

Способ попарного доения используется в доильном модуле «Майстар», применяемом на автоматизированных установках УДА-24Е, УДА-24Т и УДП-24. Этот модуль состоит из стойки и установленных на ней блока клапанов и устройства управления, доильного аппарата и счетчика молока (рис. 2.3.1.6), составные части которого соединены между собой согласно приведенной схеме. После одевания

ния доильного аппарата на вымя коровы и пуска модуля включается пульсатор. Молоко из коллектора перетекает в потокомер и далее – в счетчик. Из счетчика молоко периодически эвакуируется в молочный трубопровод. При отсутствии молокоотдачи происходит отключение доильного аппарата от вакуума и его снятие посредством цилиндра.

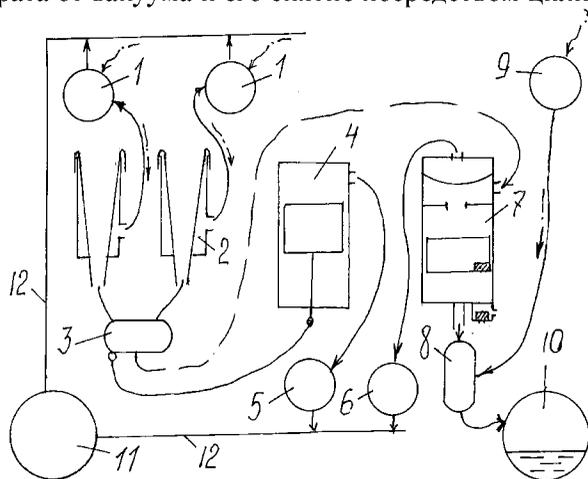


Рисунок- 2.3.1.6 Схема принципиальная манипуляторов «Майстар»:
 1 – пульсаторы; 2 – доильные стаканы; 3 – коллектор; 4 – цилиндр
 съема аппарата; 5, 6 – клапаны; 7 – потокомер; 8 – счетчик моло-
 ка; 9 – клапан; 10 – молокоприемник; 11 – насос вакуумный;
 12 – вакуумный трубопровод

Аналогичный принцип действия двухрежимного отечественного аппарата «Сож» (рис. 2.3.1.7). Особенностью его конструкции является специально разработанный регулятор вакуума, который обеспечивает функционирование аппарата в режимах массажа и додаивания на низком вакууме 34–38 кПа с частотой пульсации 50 пульсов/мин, а в режиме основного доения на номинальном вакууме 47–49 кПа с частотой пульсаций около 60 пульсов/мин. Регулирование величины вакуума и частоты пульсации производится в зависимости от интенсивности молокоотдачи коровы. После подготовки вымени коровы оператором и одевания доильного аппарата молокоотдача низкая, аппарат работает на низком вакууме и осуществляет стимуляцию [38].

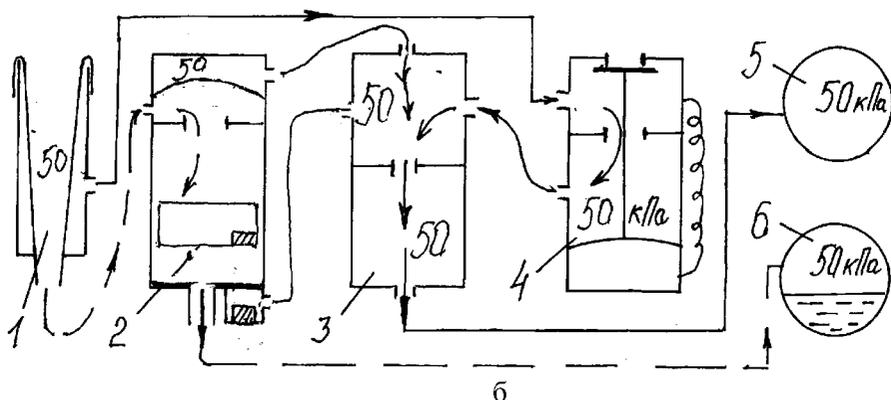
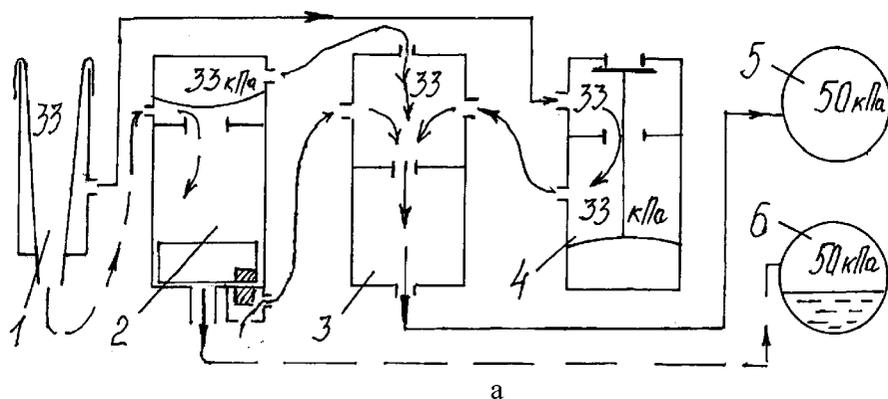


Рисунок 2.3.1.7 Аппарат доильный АДС-24 «Сож»:

а) режим стимуляции и додаивания (1 – стакан доильный; 2 – потокомер; 3 – регулятор; 4 – пульсатор; 5 – вакуумный трубопровод; 6 – молочный трубопровод); б) режим доения

Отличительная особенность мембранного пульсатора парного доения – наличие двух патрубков переменного вакуума. Каждый патрубок снабжает пульсирующим вакуумом два доильных стакана (рис. 2.3.1.8). Основной стержень имеет два клапана, попеременно закрывающие камеру постоянного вакуума. В нем ниже мембраны расположены одна над другой две камеры, разъединяемые клапанами, расположенными на стержнях. В этих камерах и получается сдвинутый по фазе на 180° пульсирующий вакуум.

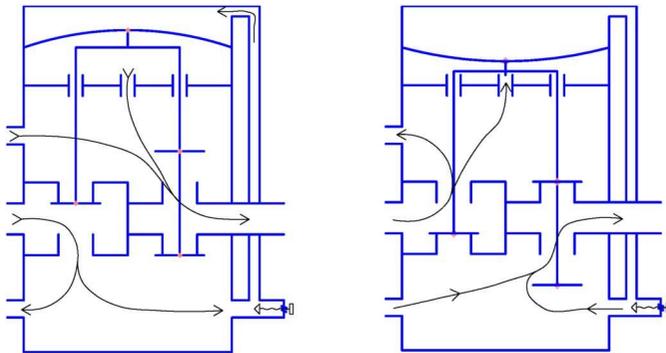


Рисунок- 2.3.1.8 Схема мембранного пульсатора парного доения сосков

Пульсатор гидравлический (рис. 2.3.1.9) имеет камеру постоянного вакуума (соединяющуюся с помощью патрубка с камерой коллектора), две рабочие камеры переменного вакуума (каждая из которых соединяется с межстенными камерами двух доильных стаканов с помощью штуцеров), две гидравлические камеры в поршне пульсатора.

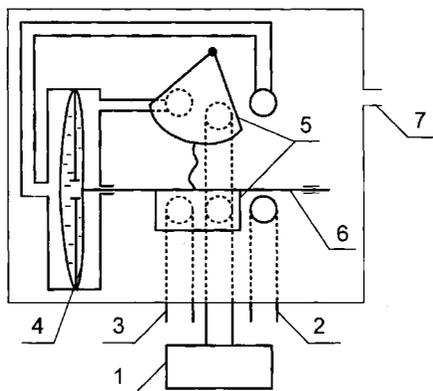


Рисунок- 2.3.1.9 Схема гидравлического пульсатора парного доения:
 1 – насос вакуумный; 2–3 – патрубки переменного вакуума; 4 – поршень; 5 – колпаки; 6 – стержень; 7 – патрубок атмосферный

К резиновой стенке мембраны одной из гидравлических камер поршня жестко прикреплен шток (рис. 2.3.1.9), на котором перемеща-

ется ползун, соединяющий при возвратно-поступательном движении камеру постоянного вакуума с рабочими камерами переменного вакуума. Механизм управления, состоящий из пружины и поворотного кулачка, приводится в движение ползуном и подключает одну управляющую камеру к атмосферному, а другую – к вакуумметрическому давлению. 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 –), намаркированных 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.

Распределение фаз в патрубках доильного аппарата попарного доения приведено на рисунке 2.3.1.10. Если вакуум (рис. 2.3.1.10а) создан в правом патрубке 1 пульсатора, то дойка производится правой половины вымени. Одновременно подается воздух в левый патрубок 2 и осуществляют массаж левой половины вымени. Затем в оба патрубка (рис. 2.3.1.10б) подается вакуум, и тем самым выдаиваются две половины вымени одновременно. Далее воздух подается в правый патрубок 1, производя массаж правой половины вымени, а вакуум (рис. 2.3.1.10в) в левом патрубке 2 способствует дойке левой половины вымени. Затем в оба патрубка подается вакуум, и тем самым (рис. 2.3.1.10г) обе половины вымени выдаиваются одновременно.

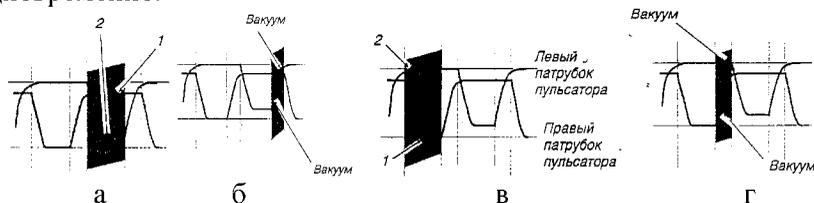


Рисунок 2.3.1.10 Распределение фаз в патрубках гидравлического пульсатора:

1 – правый патрубок; 2 – левый патрубок

Применяются также электромагнитные пульсаторы парного доения (рис. 2.3.1.11). Они действуют от постоянного или переменного

го электрического тока напряжением 12 В (по требованию техники безопасности). При протекании электрического тока по обмотке пульсатора стерженек из ферромагнитного материала втягивается внутрь и закрывает отверстие в центре пульсатора, отключая камеру под электромагнитом от атмосферного воздуха и соединяя ее с постоянным вакуумом.

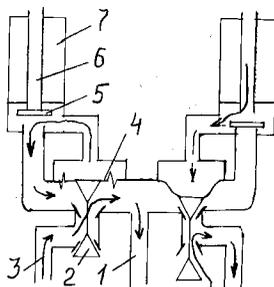


Рисунок 2.3.1.11 Схема электромагнитного пульсатора парного доения сосков

1 – патрубок постоянного вакуума; 2 – клапан воздушный; 3 – трубки переменного вакуума; 4 – мембраны; 5 – клапан электромагнитный; 6 – патрубок воздушный; 7 – корпус электромагнита

Конструкция электромагнитного пульсатора приведена на рис. 2.3.1.12, а. Пульсатор содержит сердечник 1 и катушку 6. Корпус электромагнита вместе с основанием 2 образует камеру переменного вакуума 12. Камера переменного вакуума связана с вакуумным трубопроводом нижним штуцером, а с атмосферой – отверстием 11. При обесточенной катушке электромагнита якорь находится в нижнем положении, перекрывая подачу вакуума. Атмосферный воздух, входящий через отверстие 11, поступает в камеру переменного вакуума и далее через штуцер 4 в межстенное пространство доильных стаканов. Когда на катушку электромагнита подается напряжение, якорь притягивается, перекрывая отверстие 11, в камеру переменного вакуума и в межстенное пространство доильных стаканов подается вакуум. Электромагнитный пульсатор обеспечивает заданную частоту пульсаций и соотношение тактов благодаря малому ходу якоря и параметрам электромагнитного исполнительного элемента. В момент возврата якоря в исходное состояние он присасывается к осевому отверстию в

основании. Клапан пульсатора – плоский якорь электромагнита. Такой электромагнит (рис. 2.3.1.12б) имеет поступательно движущийся якорь цилиндрической формы. Два воздушных зазора образуются якорем и цилиндрическим сердечником, а также якорем и плоским торцом корпуса [35].

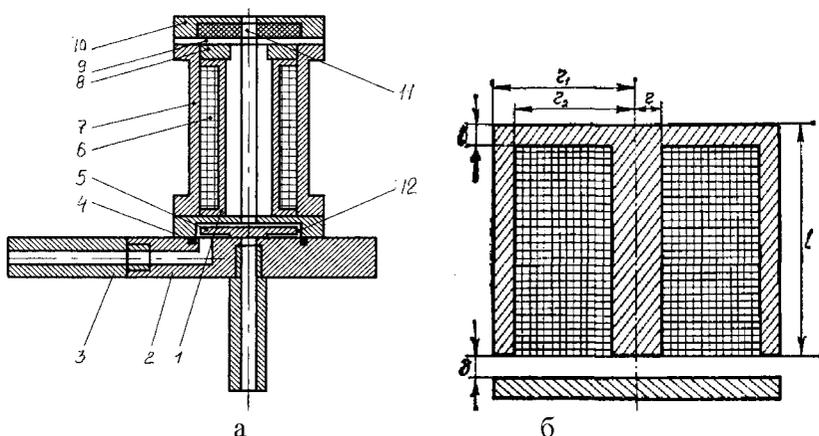


Рисунок 2.3.1.12 Электромагнитный пульсатор:

а) общий вид (1 – сердечник; 2 – основание; 3 – штуцер; 4 – прокладка резиновая; 5 – якорь; 6 – катушка; 7 – корпус электромагнита; 8 – шайба фиксирующая; 9 – прокладка фиксирующая; 10 – крышка; 11 – отверстие; 12 – клапан); б) электромагнит

Среди идей модернизации доильных установок интерес представляет система доения коров с объединенным пульсоколлекторным узлом. Такая конструкция доильного аппарата позволяет осуществлять доение только с помощью молочного трубопровода. В результате исчезает потребность в стальных вакуумных трубопроводах. Пульсоколлекторный узел такой установки состоит из четырех доильных стаканов и пульсоколлектора. Доильный стакан является исполнительным органом доильного аппарата и практически мало отличается от отечественных доильных стаканов.

Пульсоколлектор доильного аппарата сделан двухтактного типа. Он предназначен для сбора молока, поступающего от доильных стаканов, и для преобразования постоянного вакуума в переменный, необходимый для создания пульсаций сосковой резины при доении.

Вакуум из молочной камеры (I) пульсоколлектора поступает через отверстие (а) в камеру переменного давления (II), откуда распространяется в вакуумные патрубки (1) и межстенные камеры доильных стаканов. Начинается такт сосания (рис. 2.3.1.13).

Одновременно вакуум заполняет всю камеру переменного давления (II) через отверстие (б) во внутренней стенке пульсатора и через щель (г) под клапаном (2). По калиброванному отверстию (в) клапана (2) вакуум распространяется в полость (п) между клапаном (2) и мембраной (3), что способствует присасыванию их друг к другу. Затем по калиброванному отверстию (е) в мембране вакуум распространяется в камеру переменного вакуума (III), что вызывает в ней разряжение.

Камера постоянного атмосферного давления (IV) постоянно связана с атмосферой. В тот момент, когда разряжение в камере переменного вакуума (III) достигло определенного уровня, давление атмосферного воздуха с обратной стороны мембраны преодолевает сопротивление пружин (5) и силу сопротивления мембраны (3), вследствие чего мембрана, заземленная крышкой (4) и корпусом пульсоколлектора, прогибается, сжимая пружину (5).

Одновременно с прогибанием мембраны (3) поднимается присосавшийся к ней клапан (2) до момента закрытия щели (г). Далее мембрана под продолжающимся воздействием атмосферного давления прогибается еще больше и отсоединяется от клапана. При этом воздух из камеры атмосферного давления (IV) поступает через щель между клапаном и внутренней стенкой пульсоколлектора и через отверстие (б) во внутренней стенке пульсоколлектора в вакуумные патрубки (1) и межстенные камеры доильных стаканов. Начинается такт сжатия (рис. 2.3.1.13а).

Клапан (2) возвращается в исходное положение и воздух через калиброванное отверстие (в) клапана (2) поступает в камеру переменного давления (II), откуда через отверстие (а) он попадает в молочную камеру (I). Количество воздуха, просачивающегося в камеру (I) достаточно для обеспечения эвакуации молока из молочной камеры в молочный трубопровод.

При дальнейшем поступлении воздуха в камеру переменного вакуума (III) давление в ней выравнивается с давлением в камере постоянного атмосферного давления, и мембрана (3) под действием пружины (5) возвращается в исходное положение (распрямляется).

Этим самым изолируются от атмосферы камеры переменного давления (II) и переменного вакуума (III). Вакуум из камеры (I) через отверстие (а) распространяется по вышеизложенному пути, и цикл повторяется.

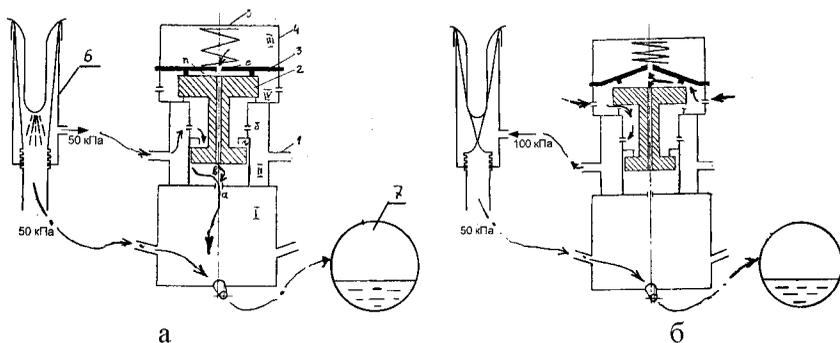


Рисунок 2.3.1.13 Такты доильного аппарата с пульсоколлектором:
а) такт сосания (I – камера молочная; II, III – камеры переменного вакуума; IV – камера атмосферная; 1 – патрубок; 2 – клапан; 3 – мембрана; 4 – крышка; 5 – пружина; 6 – стакан доильный; 7 – молочный трубопровод); б) такт сжатия

Вакуумметрическое давление в трубах доильных установок создают вакуумные насосы. Принцип действия как водокольцевых, так и пластинчатых насосов основан на вращении эксцентрично расположенного ротора в корпусе [39–48].

Пластины роторов водокольцевых насосов вращают жидкостное кольцо, а пластинчатых насосов – подвижные (скользят в пазу ротора и по внутренней поверхности корпуса).

Принцип работы водокольцевого насоса и его параметры объясняются на рисунке 2.3.1.14а–в. Сначала в корпус вакуумного насоса заливается вода. Если вращающееся рабочее колесо с лопатками (рис. 2.3.1.15а) будет расположено в центре корпуса, то объемы ячеек 1–6 не изменяются и вакуумный насос не работает.

Если рабочее колесо расположить эксцентрично, чтобы втулка его касалась внутренней поверхности вращения жидкостного кольца (рис. 2.3.1.14б), то объемы воздуха между лопатками колеса будут постепенно увеличиваться от 1-й до 3-й позиции (область всасывания) и уменьшаться от 4-й до 6-й (область нагнетания) [45].

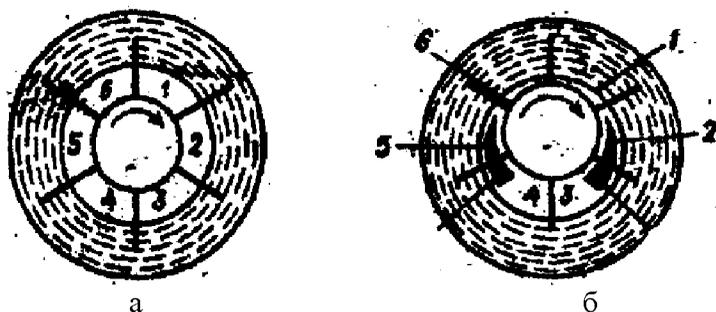


Рисунок 2.3.1.14 Схемы насосов с жидкостным кольцом:
а) концентричное колесо; б) эксцентричное колесо

Достоинством водокольцевых насосов является отсутствие трущихся деталей и малый уровень шума. Их конструкция проста, износу подвергаются только вал, подшипники и уплотнения вала. Поэтому эти машины долговечны в работе. Они имеют относительно малые габариты и менее чувствительны к нарушениям зазоров и посадок.

Производительность этих насосов составляет $60 \text{ м}^3/\text{ч}$. Один насос обеспечивает доение 100 коров. Применяемые конструктивные параметры насосов (диаметр цилиндра 230 мм, диаметр ротора 200 мм и длина ротора 100–120 мм) теоретически позволяют достичь быстроты их действия до $140\text{--}150 \text{ м}^3/\text{ч}$. Однако действительная производительность вакуумных насосов меньше расчетной величины в 2–3 раза. Сказываются многие факторы – величина зазоров, форма и расположение всасывающего и нагнетательного отверстий, длина и форма лопаток.

Так, соблюдение оптимальных торцовых зазоров затруднительно из-за их очень малой величины. Если зазор отсутствует, то происходит трение по торцам, что увеличивает потребляемую мощность. Если зазор очень большой, то происходят перетечки воздуха со стороны нагнетания на сторону всасывания, что снижает производительность насоса. Недостаток водокольцевых вакуумных насосов – возможность замерзания оборотной воды, большой удельный расход мощности на вращение жидкостного кольца, низкий КПД (около 45%). Трение жидкостного кольца снижает скорость его движения и ускоряет нагрев корпуса насоса.

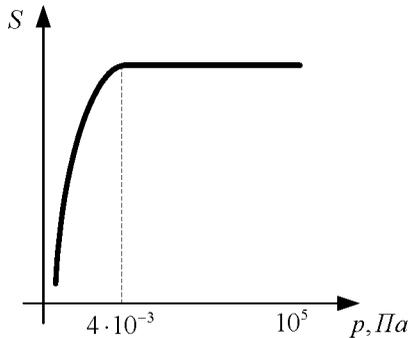


Рисунок 2.3.15 Характеристика быстроты действия

Чтобы жидкостное кольцо вращалось с постоянной скоростью, с которой вращается ротор, применяются конструкции водокольцевых вакуумных насосов, в которых в лопажки рабочего колеса вставляются скользящие пластины (рис. 2.3.1.16а). Однако эти машины являются экономически малоэффективными вследствие трения жидкостных поршней о корпус и пластины ротора. Пластины часто заклиниваются. Подобные конструкции применяют в качестве гидродвигателей с большими крутящими моментами (значение которых для ряда двигателей, выпускаемых иностранными фирмами, достигает 4000 кГм при 80–100 оборотах в минуту) для привода корабельных лебедок, в угольных машинах, в металлургическом производстве и других отраслях.

Уменьшение сил трения обеспечивают конструкции с вращающимся корпусом (рис. 2.3.1.16б). Однако данная конструкция очень сложна в изготовлении [45]. Уменьшение сил трения обеспечивает конструкция ротационного насоса с жидкостным поршнем с вращающимся ротором и с вращающимися шиберами, укрепленными на концах лопаток ротора (рис. 2.3.1.16в).

К внешним концам лопаток ротора шарнирно прикреплены замыкающие шиберы, которые представляют собой продолжение лопаток ротора. Насос снабжен распределительным цилиндром. При вращении рабочего колеса в полость распределительного цилиндра засасывается воздух, который затем сжимается до конечного давления и выталкивается в полость. Ротационный насос с вращающимися шиберами имеет много подвижных частей.

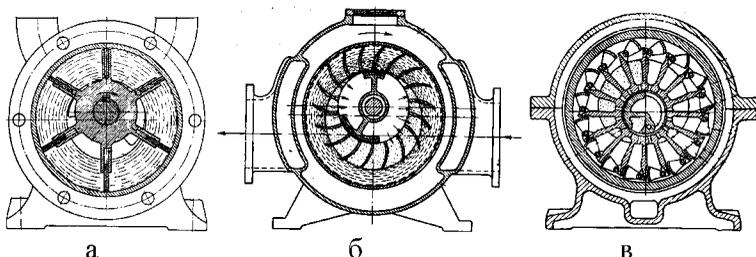


Рисунок 2.3.1.16 Конструктивные элементы водокольцевых насосов:
а) скользящие пластины; б) вращающийся корпус;
в) вращающиеся шиберы

Около 50% мощности, подводимой к рабочему колесу насоса, затрачивается на вращение жидкостного кольца объемом более 2 литров. Часть жидкостного кольца выдавливается вместе с воздушным потоком в нагнетательное отверстие. Поэтому в процессе работы водокольцевого насоса требуется циркуляция воды (более 10 литров в минуту) для поддержания постоянного объема жидкостного кольца. Широкий диапазон произвольно назначаемых диаметров отверстий патрубков подвода рециркуляционной воды (5–20 мм) подтверждает многофакторность процесса.

Подача излишней рециркуляционной воды или недостаточная подпитка жидкостного кольца повышает расход мощности или снижает производительность насоса. Подача рециркуляционной воды в зоне нагнетательного отверстия осуществима лишь избыточным давлением (80 кПа), требующимся для преодоления давления жидкостного кольца на корпус (50 кПа).

Подвод рециркуляционной воды в торцовую зону втулки ротора увеличивает минимальный торцовый зазор или, препятствуя пополнению жидкостного кольца, исключает надежное закрытие слоем жидкости рабочих ячеек. При постоянном эксцентриситете увеличение радиального зазора выводит лопатки в нижнем сечении из жидкостного кольца. В связи с этим практически его принимают лишь по конструктивным соображениям в пределах от 1 до 4 мм. Радиальный зазор между ротором и корпусом в верхней точке вакуумного насоса, выравнивая давление жидкостного кольца между зонами нагнетания и всасывания, изменяет градиент угловой скорости жидкости в зависимости от расстояния до корпуса под воздействием момента сил на

единицу длины вала (рис. 2.3.20б–в). Таким образом, увеличение радиального зазора сказывается на величине угловой скорости рециркуляционной жидкости в зоне корпуса насоса. Силы трения, возникающие при вращении ротора в вязкой жидкости, снижают коэффициент полезного действия.

Момент трения ротора (рис. 2.3.1.17ба) в насосе определяет величина осевого зазора. Минимальное сопротивление (рис. 2.3.1.17б) свойственно определенному зазору. Ослабить отрицательные последствия увеличения зазоров другими мерами (например, числом оборотов) сложно. С целью снижения энергетических потерь скорости воздуха должны лежать в определенных пределах, которые обуславливают, в свою очередь, пределы чисел оборотов ротора.

В связи с тем, что нормальный ряд чисел оборотов электродвигателей изменяется ступенчато, то число оборотов ротора водокольцевого вакуумного насоса редко соответствует оптимальному значению для насосов данной характеристики (то есть быстроты действия и давления).

Выбор электродвигателя с более низким числом оборотов в этом случае увеличивает размеры и вес насоса. Чрезмерное число оборотов ротора уменьшает серпообразную площадь для размещения отверстий. Потери, возникающие при входе и выходе воздуха в ячейку, минимальные при малых скоростях. Это можно осуществить увеличением площади поперечного сечения серпообразного пространства, заполняемого воздухом.

Постоянная площадь всасывающего и нагнетательного отверстий соответствует одному режиму работы насоса – минимальному предельному рабочему давлению. Вакуумные же насосы для доильных установок должны быть спроектированы для допускаемого диапазона давлений – 48–52 кПа. Этому диапазону давлений должны соответствовать формы окон. Это обеспечит наиболее эффективные режимы работы и наименее энергоемкие процессы. Однако их размеры и расположение принимаются по конструктивным соображениям. Это в конечном итоге увеличивает энергопотребление насоса. Чрезмерное уменьшение углов увеличивает утечки.

Высокое конечное давление нагнетания, превышающее расчетное значение, сопровождается потерями энергии сжатия (рис. 2.3.1.17в). Ведь малое конечное давление сжатия допускает натекание атмосферного воздуха в полость ячейки до момента вырав-

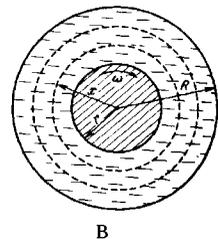
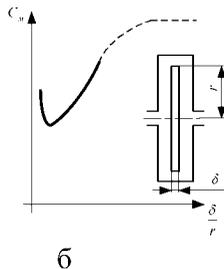
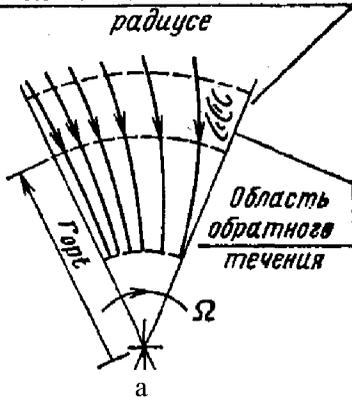
нивания давлений в полости и пространстве нагнетания (рис. 2.3.1.17г). Теоретическая работа ротора с бесконечным числом лопаток связана с объемным расходом линейной зависимостью. Она остается постоянной при расчетном режиме для радиальных лопаток и падает, если лопатки загнуты назад.

В силу меняющихся условий течения в области малых и больших расходов возникают дополнительные потери энергии, возрастающие по мере отклонения от расчетного режима, превращая зависимость полезной теоретической работы от расхода (рис. 2.3.1.17д) параболической (кривая *ABC*). В соответствии с теорией центробежных колес величина окружной составляющей скорости при вперед загнутых лопатках выше, чем при использовании лопаток других типов.

Это обеспечивает им более высокий напор и давление в кольце жидкости, а, следовательно, и большую устойчивость жидкостного кольца. Но, с другой стороны, работа колеса на стороне всасывания, видимо, малоэкономична, как и в случае колеса центробежного насоса с вперед загнутыми лопатками.

Этот недостаток данных конструкций не может быть устранен, поэтому коэффициент полезного действия повышают за счет малых скоростей и утечек воздуха [41]. Следовательно, обеспечение расчетного режима работы водокольцевого вакуумного насоса имеет большое значение для получения его хороших технико-экономических показателей [38].

Недостаточное количество лопаток на данном радиусе



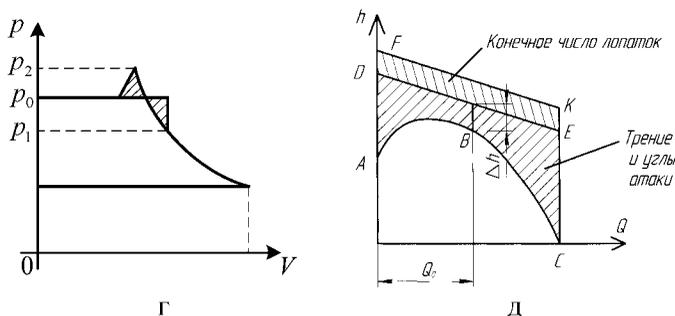


Рисунок 2.3.1.17 Факторы гидродинамических потерь мощности: а) *веерность лопаток*; б) *осевой зазор*; в) *радиальный зазор*; г) *разные давления нагнетания, отличающиеся от расчетного*; д) *конечное число и углы атаки лопаток*

В водокольцевом насосе применяют подшипники качения и сальники торцового типа. Причем мощность, затрачиваемая на преодоление трения в сальниках и подшипниках, не превышает 1–1,5% эффективной мощности N_e на валу насоса. Поэтому можно полагать, что эффективная мощность N_e на валу насоса состоит из мощности, затрачиваемой на преодоление трения при движении жидкости в безлопаточном пространстве и мощности, затрачиваемой на преодоление трения при движении жидкости в колесе и на вход и выход жидкости из него [48–52].

Перспективными моделями (рис. 2.3.1.18а–б) считаются насосы многократного действия. Они, в отличие от машин однократного действия, могут иметь большее количество камер, всасывающих и нагнетательных окон. Это новшество, например, теоретически позволяет насосу двойного действия в 1,5–2,0 раза увеличить ее производительность при том же размере и весе.

Практически же производительность жидкостно-кольцевой машины двойного действия меньше производительности машины простого действия. В настоящее время применяются вакуумные насосы аналогичного принципа действия, но большой производительности. Серповидная площадь машины однократного действия формируется внутренним контуром жидкостного кольца и внешним контуром втулки. Внутренний радиус ее жидкостного кольца можно при-

нять равным половине суммы радиусов втулки и колеса. Увеличение кратности действия требует втулки большего радиуса для сохранения номинальной производительности. Это соотношение для машин двойного и однократного действия превышает 1,5.

Такой подход увеличивает описанный объем и производительность машины, а, с другой стороны, увеличивает скорость концов лопаток колеса (свыше 13–15 м/с) при той же частоте оборотов. Кроме того, увеличение диаметра рабочего колеса повышает утечки воздуха по его торцовой поверхности и снижает величину рабочего диапазона давлений.

Зазор между рабочим колесом и крышкой корпуса с всасывающими и нагнетательными окнами для всех типоразмеров машин составляет 0,1–0,25 мм. Его величина определяется качеством изготовления, чистотой поверхности и точностью сборки. Относительную длину колес машин однократного действия выбирают в пределах 1,3–1,6 [50].

Такой подход обуславливается уменьшением проводимости более протяженных ячеек, задержкой части сжатого воздуха в них и последующим переносом его во всасывающую полость. Увеличение кратности действия машины пропорционально снижает продолжительность одного цикла всасывания и сжатия воздуха и требует уменьшения длины колеса. По этой причине, например, отношение длины колеса к его диаметру в машине двойного действия следует принимать 0,6–0,8.

Длина колеса обратно пропорциональна числу оборотов. Соблюдение этого требования уменьшает замкнутый объем ячейки колеса [44]. Объемный коэффициент полезного действия водокольцевого вакуумного насоса однократного действия достигает 0,7. Этот коэффициент для насосов двойного действия составит 0,49; тройного – 0,34; четырехкратного – 0,24. Уменьшение объемных коэффициентов полезного действия характеризует меньшую конкурентоспособность жидкостно-кольцевых машин многократного действия.

Увеличение кратности действия жидкостно-кольцевого насоса сопровождается пропорциональным снижением производительности и коэффициента полезного действия. Насосы двойного действия могут быть приемлемы, скорее всего, для работы в качестве компрессоров большой производительности. Это обуславливается тем, что раз-

меры нагнетательного отверстия компрессоров меньше чем вакуумных насосов [49–52].

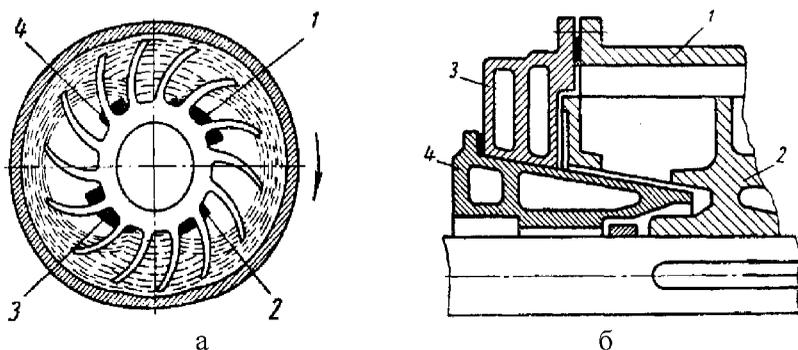


Рисунок 2.3.1.18 Схемы насоса двойного действия:

а) схема (1, 3 – всасывающие отверстия; 2, 4 – нагнетательные отверстия); б) узел сопряжения (1 – корпус; 2 – рабочее колесо; 3 – крышка; 4 – конус)

Вода, необходимая для пополнения жидкостного кольца в водокольцевых насосах, подается в зону всасывания или нагнетания. Вода может подаваться под избыточным давлением (из водопровода) или путем самовсасывания. Подача воды под давлением улучшает форму жидкостного кольца и используется при создании низких давлений (выпаривание молока, варка варений). Но в таком случае эта вода обычно сбрасывается в канализацию, что экономически нецелесообразно. Поэтому на фермах применяются вакуумные установки с замкнутым водяным циклом.

Пополнение водяного кольца в таких установках осуществляется под избыточным или нулевым гидростатическим давлением и вакуумметрическим давлением. Достоинством первой схемы является более высокий вакуум по сравнению с другими способами, а также простота запуска, так как не требуется доливка воды при пуске. Недостатком данного способа считается необходимость закачивания воды на относительно большую высоту и регулирования подачи воды. Если же в вакуумный насос подавать много воды и под большим давлением, то он начинает работать рывками, периодически выбрасывая отдельными толчками большое количество воды.

Излишнее количество воды он выбрасывает в нагнетательный трубопровод. Преимущество второго способа в том, что уровень воды в насосе перед запуском всегда оптимальный, потери энергии на передвижение воды минимальны. Недостатком схемы является наличие высокого фундамента или рамы для того, чтобы середина ротора находилась на уровне воды в емкости. При третьем способе достигается максимальная компактность агрегата (насос можно устанавливать прямо на емкости), однако затрачивается максимальная энергия на подъем воды в насос. Во время работы водокольцевого вакуумного насоса рециркуляционная вода нагревается. Нагрев воды снижает производительность насоса.

Однако эти схемы не могут решить проблему потери работоспособности водокольцевых вакуумных насосов при низких температурах наружного воздуха, когда вода замерзает. Пластинчатые вакуумные насосы не теряют работоспособности в зимнее время. Они также имеют эксцентрично расположенный в корпусе ротор, но рабочим поршнем является не вода, а выдвигающиеся под действием центробежной силы пластины.

В большинстве насосов со смазкой материалом пластин служит текстолит. Для насосов, работающих без смазки, применяют пластины из графита. Этот материал не впитывает влагу, имеет низкую теплопроводность, инертен к воздействию химически активных сред, легко обрабатывается и имеет низкий коэффициент трения. Поскольку этот материал хрупок, внешние концы пластин скругляют радиусом меньшим, чем радиус цилиндра. Во избежание быстрого износа пластин зеркало цилиндра хонингуют, имеют высокую твердость и не должно покрываться ржавчиной.

Преимуществом насосов с пластинами из пластических масс является меньший шум при работе, чем у насосов со стальными пластинами. Число пластин определяют исходя из требуемой производительности и мощности насоса. Поэтому для повышения производительности пластинчатых насосов увеличивают число пластин (производительность при этом достигает $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$).

Кроме того, большему числу пластин соответствует меньший перепад давлений между соседними ячейками. При этом уменьшаются потери от перетечек и снижаются изгибающие напряжения в пластинах. Но с увеличением числа пластин растет мощность трения, возникает большой износ цилиндра.

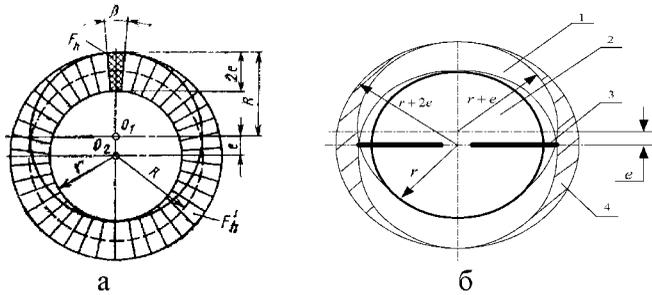


Рисунок 2.3.1.19 Схема расчета производительности насоса:

а) теоретического всасываемого объема (при большом числе пластин); б) фактического объема (1 – ротор; 2 – пластина; 3 – величина снижения производительности; 4 – максимальный объем, прокачиваемый за пол-оборота (объем за оборот равен незаштрихованной области между ротором и окружностью $r + 2e$));

С точки зрения наилучшего использования полезного объема вакуумного насоса, значение эксцентриситета должно быть максимальным. Однако реально эту величину выбирают так, чтобы соблюдались два условия – возможность размещения пластины в роторе при ее минимальном вылете и отсутствие перекоса и заклинивания при максимальном. Первое условие выполняется при отношении высоты пластины к радиусу ротора

$\frac{h}{r} = 0,5 - 0,65$. Второе – при отношении

высоты пластины к эксцентриситету $\frac{h}{e} = 3,5 - 4$. Большие значения соответствуют меньшим значениям разности давлений нагнетания и всасывания. Отсюда рекомендуемое отношение эксцентриситета к диаметру цилиндра

$\frac{e}{R} = 0,11 - 0,15$. Степень использования габаритов насоса определяется величиной отношения $R/e = a$.

Чем меньше это отношение, тем больше объем камеры наполнения, а, следовательно, и меньше мощность привода. При радиальном расположении лопаток величина a зависит от высоты лопаток и почти не зависит от их числа. Для насоса с таким расположением лопаток величина a может быть определена исходя из следующих соображе-

ний. Теоретически величина a не может быть меньше двух, так как при $R = 2e$ лопатка, находясь в точке A (рис. 2.3.1.20), выйдет из паза ротора. Минимально возможное значение величины a может быть определено из следующих конструктивных соображений: в момент, когда лопатка находится в точке A (рис. 2.3.1.20б), она выступает из ротора на величину $AB = 2e$. Для того, чтобы в этом положении лопатка имела необходимую устойчивость, ее часть BC обычно берут равной AB , то есть $BC = 2e$. При повороте ротора на 180° лопатка перейдет в точку E и будет целиком утоплена в пазу ротора. В этом положении лопатка не должна доходить до центра ротора, а должна отстоять от него на величину отрезка OD . Рассмотрим радиус как сумму высоты h и отрезка OD ; тогда $r_0 = h + OD$. Но $h = AB + BC$, и поэтому $r_0 = AB + BC + OD$. Полагая $OD = K_h e$, получим $r_0 = 2e + 2e + K_h e = (4 + K_h)e$. Откуда $a = r_0/e = 4 + K_h$. Выполнение коэффициента K_h меньшим единицы по конструктивным соображениям почти невозможно. Приняв значение $K_h = 1$, получим $a = 5$. Это значение получено из условия равенства выступающей и находящейся в пазу ротора частей лопатки (рис. 2.3.1.20б). Минимальная высота лопатки в пазу ротора равна двум эксцентриситетам [50].

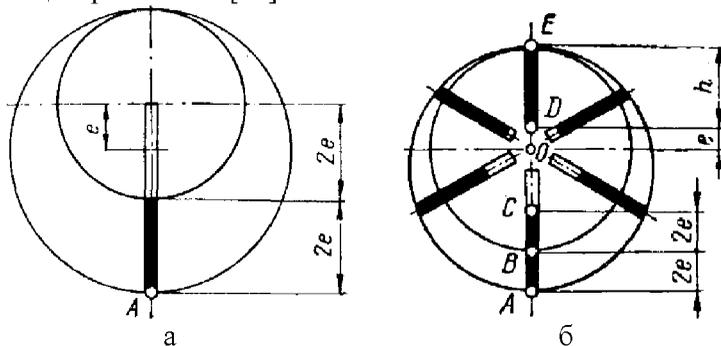


Рисунок 2.3.1.20 Критерии длины лопатки

Отношение L/R определяет соотношение величин радиального и торцовых зазоров, по которым происходят перетечки в насосе. Для

получения минимальных торцовых зазоров выгодны большие отношения L/R . Однако при этом возрастают радиальный зазор и защемленный объем. На практике отношение L/R выбирают от 3,4 до 8. Недостатками пластинчатых насосов являются большие затраты мощности на трение пластин, повышенный шум, необходимость смазки трущихся поверхностей маслом. Для снижения мощности трения в обычных насосах пазы ротора делают наклонными. В многопластинчатых насосах со стальными пластинами (при большом числе пластин) применяют беговые кольца, представляющие собой кольца, вставленные в кольцевые выточки корпуса. При этом трение происходит между пластинами и кольцами, с одной стороны (малое трение), и между кольцами и корпусом – с другой. Наличие зазора снижает износ зеркала цилиндра, однако увеличивает перетекание воздуха. Чтобы предупредить потери от перетекания воздуха вокруг разгрузочных колец с нагнетания на всасывание, в кольцах делают радиальные канавки, в которые вложены небольшие легкие пластиночки 2 (рис. 2.3.27а), не вызывающие значительного износа. Через радиальные сверления в зазор между цилиндром и кольцами для уменьшения потерь трения колец подается масло. Несмотря на указанные меры, при высоких скоростях вращения возникает значительное трение и износ пластин [47]. Если насос имеет разгрузочные кольца, на концах пластин, примыкающих к краям разгрузочных колец и втулок, делают (во избежание задиров) выточки (рис. 2.3.1.21б).

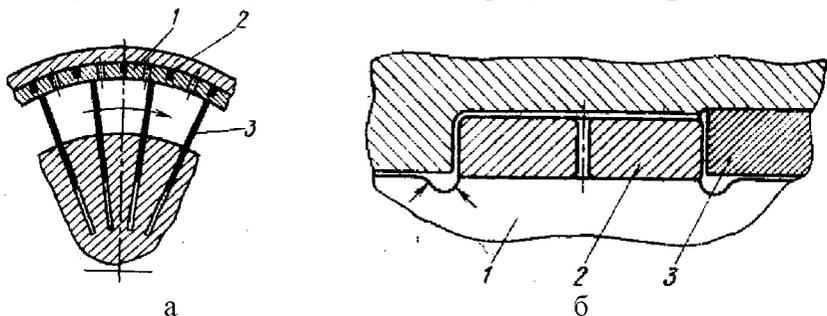


Рисунок 2.3.1.21 Узел вакуумного насоса:

а) ротор (1 – разгрузочное кольцо; 2 – уплотняющие пластинки; 3 – пластины); б) выточки на пластинах 1 в местах, примыкающих к краям разгрузочного кольца 2 и втулок 3

Мощность вакуумного насоса зависит, помимо иных факторов (вязкость масла и др.), от достигаемого вакуума. С уменьшением давления в вакуумируемом пространстве мощность возрастает и достигает максимума при давлении на всасывании $P_1 = 0,3 \cdot P_2$, где P_2 – давление нагнетания. При дальнейшем уменьшении давления всасывания мощность быстро падает. Если вакуумный насос работает при низком абсолютном давлении в вакуумируемом пространстве, то мощность двигателя должна быть выбрана с учетом перехода через максимальную мощность, указанную выше. Большинство пластинчатых вакуумных насосов имеют наклонные пазы ротора в сторону вращения на угол $\psi = 8-15^\circ$. Насосы с наклонными пластинами имеют ряд преимуществ по сравнению с радиальными пластинами. Условия движения наклонной пластины в пазу ротора улучшаются: уменьшается вероятность ее заклинивания, повышается срок службы пластины и снижается мощность трения. Однако увеличение угла наклона пластин вызывает рост изгибающего момента, действующего на пластину, и трудоемкость изготовления пазов ротора.

В двухроторных вакуумных насосах с внешним сжатием в овальном корпусе навстречу один другому вращаются два ротора. Схема работы двухроторного вакуумного насоса с внешним сжатием показана на рисунке 2.3.6. В рабочей камере насоса расположены два ротора, напоминающие в сечении цифру 8, синхронно вращающиеся навстречу друг другу. Синхронность вращения обеспечивается с помощью закрепленных на валах роторов шестерен связи, вынесенных за пределы рабочей камеры. Во время работы роторы не касаются друг друга и стенок рабочей камеры, что достигается благодаря их точному профилированию и регулировке зазоров при сборке. На рисунке 2.3.1.22 показан ряд положений роторов при передаче газа со стороны впуска (слева) на сторону выпуска (направо).

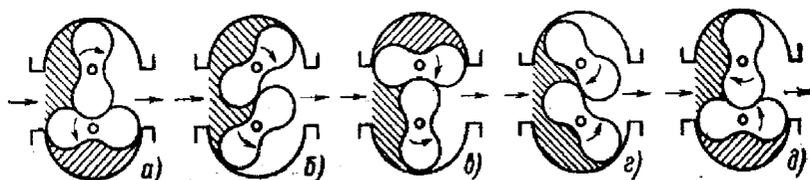


Рисунок 2.3.1.22 Последовательные положения роторов при работе двухроторного насоса с лиминискатными профилями

Воздух передается постоянными объемами, заключенными между корпусом и впадинами роторов (в положениях *a* и *d* – нижнего, в положении *e* – верхнего ротора, положения *b* и *z* – промежуточные).

Быстрота действия двухроторного насоса определяется объемом, удаляемым впадинами обоих роторов в единицу времени, с учетом обратного перетекания газа с выхода на вход через зазоры в роторном механизме. Эти зазоры сравнительно велики (даже у самых маленьких насосов зазоры меньше 0,1 мм) и если бы двухроторные насосы работали с выхлопом в атмосферу, их предельное остаточное давление составляло бы около 10 кПа.

Поддержание этого уровня вакуума обеспечивается вакуумными регуляторами, изменением частоты вращения вакуумного насоса или числа задействованных насосов. Наиболее простое и эффективное техническое решение проблемы обеспечения стабильного вакуума – применение регулятора. Принцип действия вакуумного регулятора заключается в напуске определенного количества атмосферного воздуха для поддержания требуемого давления внутри вакуумного трубопровода. Для обеспечения требуемого уровня давления напуск воздуха должен быть регулируемым. Трудность регулирования напуска воздуха состоит в том, что по мере снятия и надевания доильных стаканов поток воздуха и давления в трубопроводе меняется. Поэтому основными требованиями к вакуумным регуляторам являются чувствительность к изменению давления, скорость регулирования. Принципиальная схема вакуумного регулятора состоит из клапана, пружины и груза (рис. 2.3.1.23). Сила, действующая на клапан, возникает вследствие перепада давления.

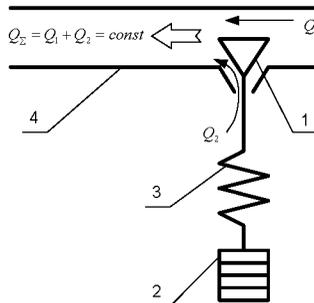


Рисунок 2.3.1.23 Схема регулятора:

(1 – клапан; 2 – груз; 3 – трубопровод; 4 – пружина)

Действие этой силы приподнимает клапан и впускает в трубопровод воздух. Вес подвешенного груза определяет величину напускаемого потока воздуха. Нормальный вес груза составляет 1,5 кг при вакууме 50 кПа. Пружина предназначена для гашения колебаний.

Таким образом, пружины, применяемые в регуляторах, устраняют вредные перегрузки. Простейшим примером такого вакуумного регулятора с одной степенью свободы (для характеристики положения достаточно одной координаты) является материальная точка массы, закрепленная к концу упругой пружины (другой конец пружины жестко закреплен) и способная двигаться поступательно и прямолинейно. Доильные установки комплектуются такими вакуумными регуляторами, монтируемыми сверху или снизу вакуумного трубопровода.

Контроль правильной работы вакуумной установки (давление выхлопа, вакуумметрическое давление) производится по показаниям контрольно-измерительных приборов. Измерение давлений выше атмосферного, а также близких к атмосферному давлению (при низком вакууме) не представляет особых затруднений, благодаря значительным механическим силам, которые соответствуют этим давлениям. Величину давления в трубопроводах доильных установок измеряют механическими манометрами (рис. 2.3.1.24а–в). Действие этих приборов основано на деформации трубки или мембраны, по одну сторону которой находится измеряемое давление, а по другую – атмосферное. Наиболее широко (рис. 2.3.1.24а) применяется вакуумметр Бурдона. Основной деталью в нем является так называемая пружина Бурдона, представляющая собой изогнутую по дуге круга полую трубку с овальным или каким-либо другим вытянутым сечением (рис. 2.3.1.24б). Один конец трубки запаян, а другой присоединен к вакуумной системе. Необходимым условием работы пружинной трубки является деформация контура поперечного сечения. Для этого трубка обычно делается из мягкого металла (чаще всего из латуни). Поперечное сечение трубки имеет форму эллипса. Обычно отношение осей эллипса принимают от 5 до 10. При низких давлениях от перепада давлений трубка в поперечном сечении сжимается (положение (2) на рисунке 2.3.1.24б). В результате нижние продольные волокна трубки сжимаются, и радиус трубки уменьшается. Трубка с круглым сечением вовсе не реагирует на внутреннее давление. Обычно отношение осей эллипса для вакуумметров принимают от 5 до 10. Материалом пружины чаще всего служит латунь. Максимальная темпера-

тура окружающей среды не должна быть выше 40°C . Прибор измеряет давление в пределах 10^5 – 10^3 Па. Измерение давлений ниже 10^3 Па затруднено тем, что трубка при малой жесткости должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать атмосферное давление. Погрешность измерения равна 5% и ограничена упругим последствием трубки – медленным возвращением трубки в исходное положение после упругой деформации. В мембранных вакуумметрах плоская или гофрированная металлическая мембрана под действием атмосферного давления прогибается внутрь вакуумметра. Диапазон измерения мембранных преобразователей – 10^5 – 10^1 Па. Но так как линейность показаний сохраняется только при небольших деформациях мембраны, то один прибор может измерять давления, лежащие в пределах 2–3 порядков. Нижний предел измерения ограничивается температурными деформациями, минимальной жесткостью и прочностью мембраны.

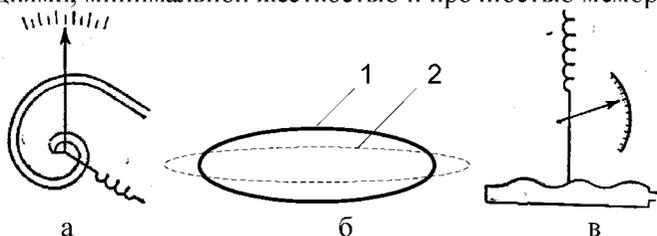


Рисунок 2.3.1.24. Схемы вакуумметров:

а) трубчатый; б) поперечное сечение пружинной трубки (1 – при повышенном давлении; 2 – при пониженном давлении); в) мембранный

Точный учет надоенного молока – одна из ответственных операций на молочно-товарной ферме, важное условие правильной организации производства. Для этой цели используют счетчики группового и индивидуального учета молока. Индивидуальные счетчики молока устанавливаются в разрыв молочного шланга на выходе из доильного аппарата к молочному трубопроводу. Индивидуальные счетчики могут работать по объемному или весовому принципу.

Объемные счетчики определяют либо весь объем молока сразу, либо часть объема, позволяющую расчетным путем определить весь объем. Очевидно, что во втором случае можно получить меньшие габариты счетчика, но всегда будет иметь место некоторая погрешность. Такие «частичные» счетчики, как правило, имеют в своем составе камеру, накапливающую в процессе доения коровы только

1–2% молока (рис. 2.3.1.25). Впускная труба такого измерительного устройства (рис. 2.3.1.25а) соединена с коллектором молока. Сужение трубы (3) в верхней части увеличивает скорость молока перед столкновением с распределительной пластиной (4). Распределительная пластина распределяет молоко в разные стороны (показано стрелками на рис. 2.3.1.25в). Часть молока (приблизительно 5%) через вертикальную щель попадает в измерительный контейнер. Остальное молоко поступает в молокопровод.

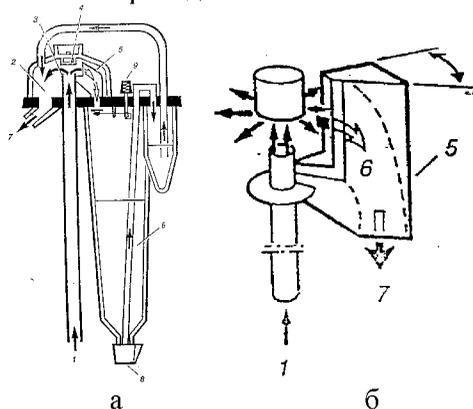


Рисунок 2.3.1.25 Счетчик молока:

а) схема подключения пропорционального счетчика молока (1 – счетчик; 2 – датчик; 3 – подвесная часть); б) счетчик молока (1 – коллектор; 2 – камера верхняя; 3 – труба; 4 – пластина распределительная; 5 – нож; 6 – контейнер измерительный; 7 – молокопровод; 8 – клапан воздушный; 9 – клапан эвакуационный)

Другое подобное устройство (рис. 2.3.1.26) отделение части молока производит через дроссельное отверстие (10) в трубке отвода молока. Наполнение мерной камеры вынуждает поплавков (3) всплывать, перекрывая отверстие трубки (13). Воздух, поступающий через отверстие (2), создает в мерной камере повышенное давление и вытесняет молоко по трубке (11). Верхняя часть этой трубки сужена, поэтому здесь создается повышенное давление молока на ее стенки, и через калиброванное отверстие (10) и трубку примерно 2% молока от общего его количества попадает в мензурку (7). Остальное молоко через верхнее отверстие трубки (11) поступает в патрубок (12) и отсасывается в молокопровод. Показание устройства определяют по рис-

кам шкалы мензуры, напротив которых находится уровень молока (без учета пены).

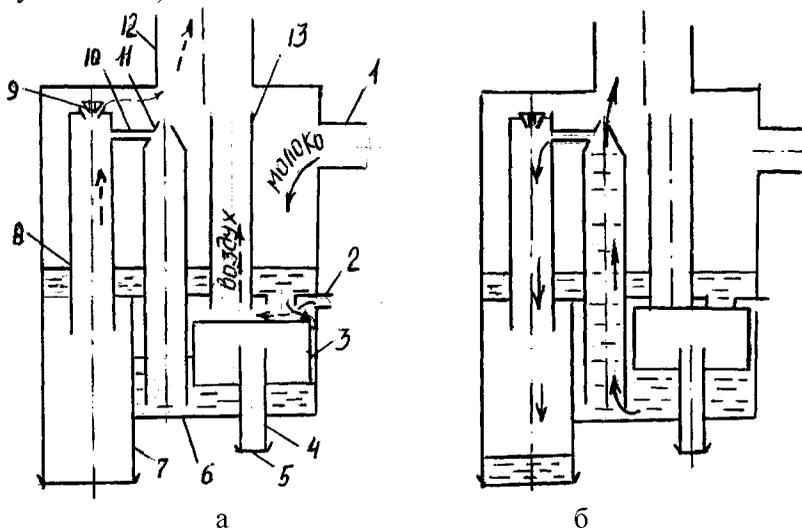


Рисунок 2.3.1.26 Схема работы объемного счетчика молока:
 а) наполнение молоком приемной и мерной камер (1 – патрубок входа молока; 2 – отверстие впуска воздуха; 3 – поплавок; 4 – патрубок; 5 – клапан для удаления остатков молока; 6 – корпус; 7 – мензура; 8 – трубка ввода молока в мензуру; 9 – клапан; 10 – калиброванное отверстие; 11 – трубка отвода молока; 12 – патрубок выхода молока; 13 – трубки отсоса воздуха); б) опорожнение мерной камеры

Объемные счетчики молока, работающие на электронной базе, позволяют также измерять и физико-механический состав молока. Наиболее эффективный способ – прямое измерение электрических величин. Например, измерение диэлектрической проницаемости позволяет определить объемы доз молока и содержание жира в них. Ведь растворение воздуха в молоке изменяет диэлектрическую проницаемость смеси. Контроль электропроводности облегчает выявление ранних маститных форм заболевания животных: так как в молоке больных коров уровень натрия выше, а уровень калия ниже, чем в молоке здоровых коров. На современных автоматизированных доильных установках (например, в доильной установке «Westfalia») электронный индивидуальный учет (рис. 2.3.1.27а) производится пу-

тем измерения уровня молока. Уровень молока определяется в мерной камере при помощи измерительного электрода. Измерительный электрод имеет нижнюю и верхнюю мерные точки. Обе мерные точки ограничивают точно определенный объем. Как только поднимающийся уровень молока доходит до нижней мерной точки, начинается замер продолжительности заполнения. При достижении верхней мерной точки период заполнения заканчивается; открывается клапан и замеряется продолжительность опорожнения. После освобождения нижней мерной точки клапан вновь перекрывается, замер времени опорожнения заканчивается, и начинается новый этап измерения. Исходя из длительности заполнения мерного объема в приборе управления, рассчитывается соответствующий поток молока.

Таким образом, данный способ измерения основан на расчете, в частности, времени, в течение которого молоко достигает определенной высоты между мерными точками электродов. Этот поток молока принимается за основу и во время опорожнения, до начала следующего цикла измерения.

Схема упрощенной конструкции датчика интенсивности молокоотдачи на базе емкостного воспринимающего элемента приведена на рисунке 2.3.1.276. Заполнение мерной камеры молоком вынуждает поплавков (2) подниматься вверх и перекрывать отверстие в корпусе датчика (6). Мерная камера соединена с атмосферой отверстием (3). Под действием разности давлений в мерной камере и в полости датчика поплавков (2) плотно перекрывает вход в мерную камеру с порцией молока 100 см^3 . Так как в мерной камере установилось давление, близкое атмосферному, а в полости датчика – вакуум, при перекрытии поплавком входа в мерную камеру отмеренная порция молока быстро удаляется по патрубку (10).

Молоко, движущееся с большой скоростью, попадает в отражатель (5), а затем в сливной стакан (7), откуда через патрубок (8) оно поступает в молокопровод. Так как сечение патрубка (9) гораздо больше сечения отверстия (3), то в мерной камере после удаления молока быстро восстанавливается вакуум, а поплавков (2) под действием собственного веса быстро возвращается в исходное состояние. Отмеренные порции молока фиксируются высокочастотным емкостным автогенераторным датчиком, воспринимающий элемент (9) которого установлен на мерной камере [32].

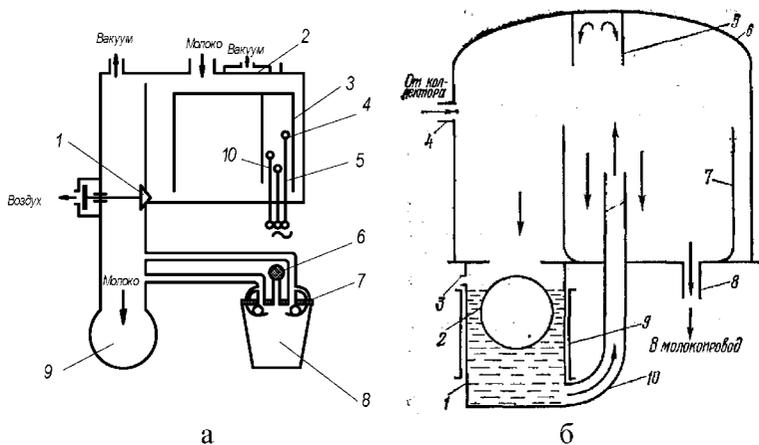


Рисунок 2.3.1.27 Счетчики молока:

- а) *уровневый (1 – клапан; 2 – мембрана; 3 – камера; 4,5 – мерные точки; 6 – переключатель; 7 – клапан; 8 – пробоотборник; 9 – молокопровод; 10 – электрод измерения электропроводности жидкости);*
 б) *с емкостным датчиком (1 – мерная камера; 2 – поплавок; 3 – отверстие; 4, 8 – патрубок; 5 – отражатель; 6 – корпус; 7 – стакан сливной; 9 – емкостной воспринимающий элемент; 10 – патрубок)*

Эффективность управления процессом доения выше, если датчики измеряют объем молока, выводимый в каждом такте сосания. Средняя скорость молока измеряется по времени перемещения участка фиксированной длины. Время перемещения молока через фиксированное сечение канала преобразовывают в количество прямоугольных импульсов низкой частоты, а скорость – в длительность этих импульсов или их количество. Аналоговый сигнал, пропорциональный заполнению сечения молокопровода, преобразуют в частоту высокочастотных прямоугольных импульсов, заполняющих низкочастотные импульсы.

Измерение объемов доз молока осуществляется тремя путями – по количеству импульсов, поступивших в накопитель (с изменением длительности низкочастотных импульсов в зависимости от скорости движения молока), умножением или делением количества высокочастотных импульсов на количество низкочастотных импульсов постоянной длительности. Конструктивная реализация первого пути осуществляется установкой на базовом участке молочного шланга двух

воспринимающих элементов с расстоянием между ними l . Пересечение передним фронтом дозы первого воспринимающего элемента вызывает подачу калиброванных импульсов в накопитель, преобразующий их в напряжение. Напряжение растет пропорционально количеству импульсов до достижения (рис. 2.3.1.28) фронтом дозы второго воспринимающего элемента. Это напряжение запоминается и преобразовывается при постоянной частоте в длительность низкочастотных импульсов. Низкочастотные импульсы частотой формируют по сигналу второго воспринимающего элемента в течение времени перемещения дозы. Количество низкочастотных импульсов характеризует время движения дозы. Заполнение сечения молокопровода молоком, измеряемое вторым воспринимающим элементом, преобразует напряжение в частоту высокочастотных прямоугольных импульсов, заполняющие низкочастотные импульсы.

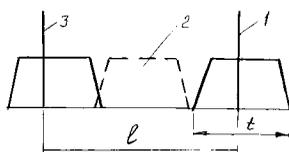


Рисунок 2.3.1.28 Схема учета движения потока молока:
 1 – воспринимающий элемент; 2 – доза молока; 3 – воспринимающий элемент; t – продолжительность прохождения дозой молока первого воспринимающего элемента; l – расстояние между воспринимающими элементами

Весовой счетчик молока (рис. 2.3.1.29а), работающий по принципу перекидных весов, определяет массу молока, поступающего в него порциями порядка 100 граммов. Как только камера перекидных весов заполнится, и вес превысит противовес, камера поворачивается. Поток молока попадает в молокопровод (рис. 2.3.1.29б). Заслонки клапана (10) в верхней части корпуса позволяют перед началом доения производить слив раствора промывки из камер, а после доения – остаточного молока (рис. 2.3.1.29в). Расположенный на штуцере спуска клапан способствует промывке и дезинфекции счетчика (рис. 2.3.1.29г). Клапан имеет два положения. В положении доения мембрана управления находится под вакуумом. Сток счетчика в этом положении открыт, а отверстие (6) закрыто. Во время промывки

мембрана клапана переключения периодически находится под атмосферным давлением. При этом сток счетчика закрытый, а аэрационное отверстие, через которое поступает снизу в счетчик молока около 10 литров воздуха в минуту, – открыто. Поступающая в прибор жидкость заполняет его и проходит через байпас и клапан промывки из верхней части прибора в молокопровод. Недостатком рассмотренной конструкции весового счетчика молока является наличие погрешности из-за неравномерности порций молока, непостоянства напора молока к моменту формирования порции в ковше.

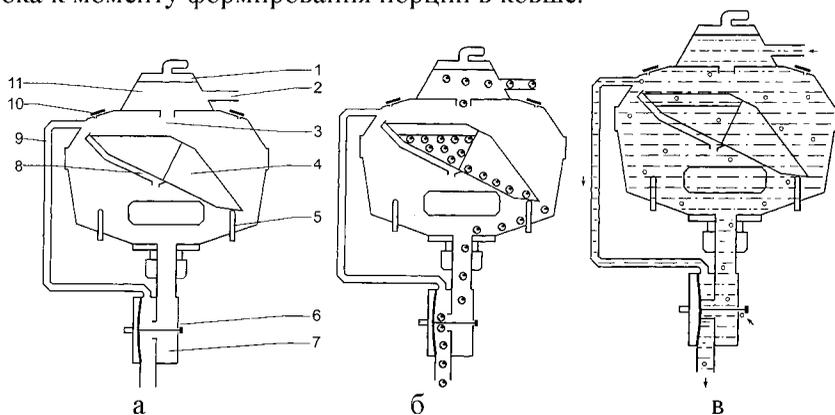


Рисунок 2.3.1.29 Устройство весового счетчика:

- а) схема (1 – камера запорного клапана; 2 – штуцер впуска молока; 3 – молокоподводящий канал; 4 – перекидные весы; 5 – упоры весов; 6 – аэрационное отверстие на клапане промывки; 7 – клапан промывки; 8 – канал забора проб; 9 – байпас; 10 – заслонка клапана; 11 – предварительная камера); б) доение; в) промывка*

Весовые счетчики молока предварительно градуируются на заводе с помощью двух упорных винтов для перекидных весов. Упорные винты 5 (рис. 2.3.1.29) запломбированы и их перестановка больше не допускается. Упорные винты позволяют установить вес порции молока отдельных проборов от 95 до 105 граммов за одно перекидывание. Электроника установлена на 100 граммов для одного перекидывания. Соответствующие каждому специальному отдельному счетчику размеры порции определяются с помощью контрольных замеров и задаются в управление доильным местом в качестве меню градуи-

ровки доильного места. Электронный прибор управления корректирует с помощью специального алгоритма общую массу надоенного молока на основе установленного показателя градуировки. Для коров, которые к этому времени еще не полностью выдоены, можно продолжать процесс измерения и суммирование еще выдоенного количества молока с помощью последующего повторного включения программы доения. Только после того, как указываемый конец доения будет подтвержден дояркой с помощью нажатия кнопки подтверждения, процесс измерения заканчивается.

Групповой счетчик молока (рис. 2.3.1.30а) устанавливается, как правило, перед молокоприемником и фиксирует количество доз молока от группы из 50 коров, обслуживаемых одной дояркой. Его работу характеризуют два цикла – наполнение и опорожнение дозирующей камеры.

Процесс наполнения (рис. 2.3.1.30б) начинается с поступления молока из молокопровода (1) в приемную камеру (3). Из приемной камеры молоко попадает в дозирующую камеру (8). В процессе наполнения дозирующей камеры и дальнейшего поступления молока в приемную камеру поплавков (5) поднимается вверх, поднимая вместе с собой полый шток с калиброванным отверстием (11). При этом клапан (6) отделяет дозирующую камеру от приемной. В этот момент отверстие (11) выходит из приемной камеры в атмосферу. Атмосферный воздух через отверстие (11) поступает в дозирующую камеру и вытесняет порцию молока по шлангу (9) в патрубок (12) молокоприемника (рис. 2.4.7в).

Кроме того, атмосферный воздух попадает в сиффон (13), до этого находившийся в сжатом состоянии под воздействия вакуума. Давление атмосферного воздуха расширяет сиффон, приводя в действие счетный механизм сумматора. После вытеснения молока из дозирующей камеры за счет большего проходного сечения в шланге (9) по сравнению с отверстием (11) в трубке (4) разрежение в дозирующей камере (8) и молокоприемной камере (3) практически выравнивается, и поплавковое устройство под действием собственной массы и массы молока, накопившегося в приемной камере, опускается. Суммарная вместимость дозирующей камеры (8) и шланга (9) должна составлять ровно 1 кг молока. Длина этого шланга, изготовленного из пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ), составляет порядка 800 мм.

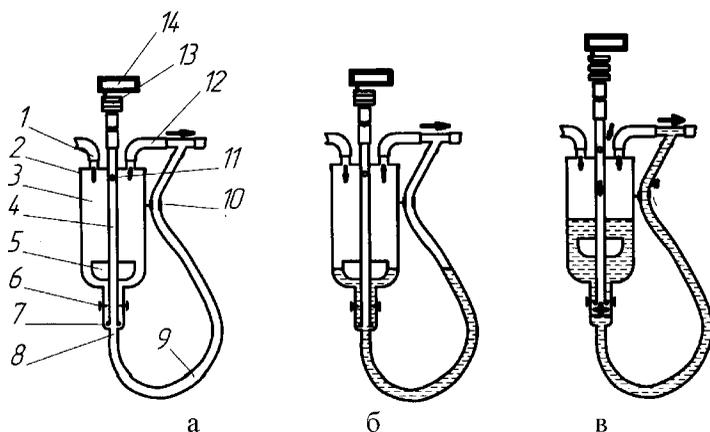


Рисунок 2.3.1.30 Технологическая схема работы группового счетчика: а) общий вид (1 – штуцер впуска молока; 2 – крышка; 3 – приемная камера; 4 – трубка; 5 – поплавок; 6 – перегородка клапана; 7 – клапан; 8 – дозирующая камера; 9 – отводящий молочный шланг; 10 – регулирующий зажим; 11 – калиброванное отверстие в трубке; 12 – трубка отвода воздуха в молокопровод; 13 – сиффон; 14 – сумматор); б) наполнение; в) опорожнение

Технологический расчет машинного доения коров предусматривает определение потребного количества аппаратов на оператора z_{an} , количества операторов для обслуживания всего поголовья z_0 , производительность оператора Q_0 и потребное количество доильных установок z_{dy} (табл. 2.3.1.4). Для расчетов используют следующие параметры: t_M – машинное время доения, $t_M = 240 \dots 300$ с; t_p – время на выполнение ручных операций (в ведра $t_p = 180 \dots 240$ с; в молокопровод $t_p = 120 \dots 180$ с; доение на площадках $t_p = 50 \dots 60$ с); $m_{об}$ – общее количество подлежащих выдаиванию коров; $T_{д}$ – общая продолжительность дойки, устанавливается зоотехническими требованиями и составляет $1,5 \dots 2,25$ ч; Z_{an}^{ycm} – количество доильных аппаратов на одной установке; Q_{ycm} – производительность доильной установки

Таблица 2.3.1.4 Расчет технологической линии доения коров

Наименование	Тип доильной установки		
	С доением в ведра	С доением в молокопровод	Площадка
Потребное количество доильных аппаратов на оператора	$z_{an} = \frac{t_y}{t_p} = \frac{t_m + t_p}{t_p} =$ $\frac{4...6 + 3...4}{3...4} = \frac{7...10}{3...4} =$ $2...3$	$z_{an} = \frac{t_y}{t_p} = \frac{t_m + t_p}{t_p} =$ $\frac{4...6 + 2...3}{2...3} = \frac{6...9}{2...3} =$ $3...4$	$z_{an} = \frac{t_y}{t_p} = \frac{t_m + t_p}{t_p} =$ $\frac{4...6 + 0,8...1,0}{0,8...1,0} = \frac{4,8...7}{0,8...1}$ $= 6...8$
Производительность оператора, гол/ч	$Q_0 = \frac{60}{t_p} = \frac{60}{3...4} = 20$	$Q_0 = \frac{60}{t_p} = \frac{60}{2...3} = 30$	$Q_0 = \frac{60}{t_p} = \frac{60}{0,86} = 70$
Количество операторов	$z_0 = \frac{m}{Q_0 \cdot T} = \frac{m}{20T}$ $= \frac{100}{20 \cdot (1,5...2,5)} = 2$	$z_0 = \frac{m}{Q_0 \cdot T} = \frac{m}{30T}$ $= \frac{100}{30 \cdot (1,5...2,4)} = 2$	$z_0 = \frac{m^*}{Q_0 \cdot T} = \frac{m}{70T}$ $= \frac{100}{70 \cdot (1,5...2,4)} = 1$
Производительность доильной установки, гол/ч	$Q_{факт} = Q_0 \cdot z_0 =$ $20 \cdot 2 = 40$	$Q_{факт} = Q_0 \cdot z_0 =$ $30 \cdot 2 = 60$	$Q_{факт} = Q_0 \cdot z_0 =$ $70 \cdot 1 = 70$
Количество доильных установок	$z_{oy} = \frac{m_o}{T \cdot Q_o} =$ $\frac{100}{2,5 \cdot 40} = 1$	$z_{oy} = \frac{m_o}{T \cdot Q_o} =$ $\frac{100}{1,6 \cdot 60} = 1$	$z_{oy} = \frac{m_o}{T \cdot Q_o} =$ $\frac{100}{1,4 \cdot 70} = 1$

При поточном методе доения (конвейерно-кольцевые установки) необходимо знать ритм потока (r), интенсивность (Π), количество станков, расположенных на платформе (Π_{cm}) (рис. 2.3.1.31).

$$M_k = \frac{T - t_y}{r} + 1; \quad r = \frac{T - t_y}{M_k - 1}; \quad \Pi = \frac{t_y}{r}; \quad r = t_{pyu}; \quad \Pi_{cm} = \frac{60}{r}$$

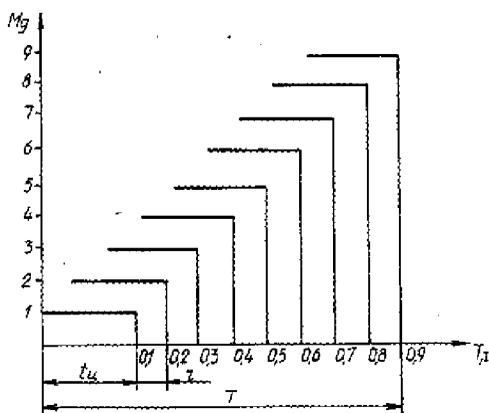


Рисунок 2.3.1.31 График поточного процесса доения коров:
 $t_{ц}$ – время доения одной коровы; T – время доения всех коров;
 M_0 – количество коров; r – ритм потока

Реализация генетического потенциала молочной продуктивности коров в значительной степени зависит от техники и технологии доения [53]. Ручной способ доения более адекватный, но физически тяжелый. Поэтому в технологию молочного скотоводства интенсивно внедряется машинное доение. Принципы машинного доения были разработаны 70 лет тому назад [54]. В соответствии с ними, например, продолжительность доения и скорость молокоотдачи считают важнейшими функциональными показателями пригодности коров машинному доению. Скорость молокоотдачи коровы должна составлять 0,05 л/с. Молоко, выдаиваемое из передних четвертей вымени, должно составлять минимум 45% разового удоя. Поэтому значительное количество коров (до 5%) со средней скоростью до 0,015 л/с и длительностью доения более 6 минут выбраковывается [53]. В результате сложилась ситуация, что молочную корову подбирают для доильной установки, а не наоборот. В то же время низкая скорость выдаивания, необходимость дооя, наличие маститов говорят о том, что доильная техника требует усовершенствования. Важным недостатком вакуумных доильных машин являются резкие рывки под влиянием высокого вакуума в момент перехода от такта отдыха к такту сосания. Такие вакуумные рывки вызывают неприятное, подчас бо-

лезненное ощущение, на которые коровы реагируют либо торможением рефлекса молокоотдачи, либо сбрасывают доильные стаканы ногами.

Основной помехой усовершенствования конструкции доильных установок является недостаточное знание физиологических основ машинного доения. Проводимая селекционная работа носит одностороннюю направленность – только в повышении молочной продуктивности, доводя ее до рекордных показателей. Функциональное состояние организма коров-рекордисток в лактационном периоде и на протяжении всех лет лактации при таком уровне молочной продуктивности игнорируется. Разработка вопросов физиологии машинного доения, имеющей практическое значение, продвигается медленно. Одной из причин сложившегося положения является то, что исследование взаимодействия доильных стаканов и четвертей вымени коров производилось внешним наблюдением с констатацией выходных параметров доения, последующей разработкой гипотез и их трактовкой. Закономерности секреции молока в промежутке между доениями остаются малоизученными. Полученные результаты носят противоречивый характер. Это можно объяснить различием методологических решений, а также трудностью изучения морфологических и функциональных особенностей молочной железы. Так получилось, что физиология и анатомия не подпадают в разряд точных наук. Живой организм, который они изучают, сложен, и многообразен. На протяжении веков физиология вымени была лишь описательной наукой и практически исключала причины большинства происходящих в нем явлений. В настоящее время известно больше закономерностей, касающихся центральных звеньев регуляции секреторной и моторной функций молочных желез. Ответы же моторного аппарата вымени (структур цистерны и системы выводных протоков, соска и его сфинктера) на деятельность доильного аппарата изучены слабо. Трудности проведения исследований вызваны отсутствием адекватных методов изучения физиологии этих структур [54] и сложностью процесса лактации.

Представляется обоснованным при исследовании физиологических процессов в вымени коров учитывать закономерности, выявленные в анатомии других живых организмов. Ведь накоплен богатый теоретический и практический опыт в изучении движения крови по сосудам, работы альвеол легких. Эти явления имеют много схожего с работой вымени. В частности продвижение крови объясняется пуль-

совыми волнами, вызванные ритмическим сокращением сердца, а работа альвеол легких – выработкой эпителиальными клетками поверхностно активных веществ, регулирующих поверхностное натяжение внутри альвеол и их растяжение и сжатие.

В частности, выявлено, что давление необходимое для раздувания альвеол, можно уменьшить, если заполнить их физиологическим раствором – солевым раствором, близким по своему составу к межклеточной жидкости (рис. 2.3.1.32). Если считать, что каждая альвеола - это полый шарик, окруженный эластичной мембраной, то давление воздуха, необходимое для поддержания шарика в раздутом состоянии должно полностью определяться диаметром шарика, толщиной мембраны и ее модулем Юнга и не зависеть от того, чем заполнен этот шарик. Противоречие между полученными экспериментальными данными и теорией растяжения эластичных шариков было устранено, когда обнаружили, что все альвеолы изнутри покрыты тонким слоем жидкости – поверхностно-активным веществом. Наличие тонкого слоя поверхностно-активного вещества, выстилающего изнутри поверхность альвеолы, существенно изменяет ее механические свойства.

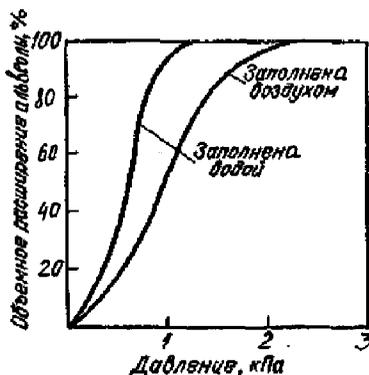


Рисунок 2.3.1.32 Характеристики «давление — объем» альвеолы

Это обусловлено тем, что молекулы, образующие поверхностный слой жидкости, по сравнению с другими, более глубоко расположенными молекулами, обладают потенциальной энергией. Действительно, на молекулу M_1 , которая находится внутри жидкости, действуют силы притяжения со стороны соседних молекул, симметрично расположенных вокруг нее (рис. 2.3.1.33). Следовательно, равнодей-

ствующая всех этих сил, действующих на M_1 , равна нулю. Равнодействующая, приложенная к молекуле M_2 , не равна нулю и направлена внутрь жидкости перпендикулярно ее поверхности, так как силы притяжения со стороны молекул, находящихся под M_2 , лежащей на границе с воздухом, остаются нескомпенсированными. Поэтому для перемещения молекулы из глубины жидкости на поверхность необходимо совершить работу по преодолению сил сцепления между молекулами. Очевидно, что величина этой потенциальной энергии $U_{пот}$ для контакта определенной жидкости и газа по поверхности S должна быть пропорциональна величине этой поверхности $U_{пот} = \alpha S$ (где α — коэффициентом поверхностного натяжения, имеющий размерность Н/м или Дж/м²). Силы поверхностного натяжения стремятся уменьшить поверхность сферы радиусом R , сжимая находящийся внутри нее воздух. В результате давление воздуха внутри сферы, образованной жидкой пленкой, всегда оказывается больше атмосферного давления. Величину этой добавки можно получить, используя формулу Лапласа $\Delta P = 4\alpha/R$. Разница между двумя кривыми на рисунке 2.3.1.32 представляет собой вклад сил поверхностного натяжения в эластичность альвеолы.

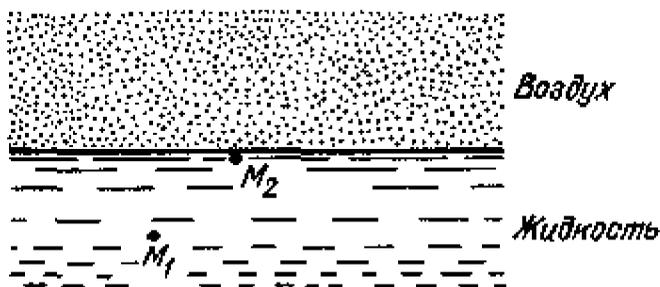


Рисунок 2.3.1.33 Расположение молекул

Аналогия между медленными процессами в альвеолах молочной железы коровы и работой сердечно-сосудистой системы и легких выявляет важную роль поверхностно-активного вещества — молочного жира. Молоко образуется в однородных по своему строению аль-

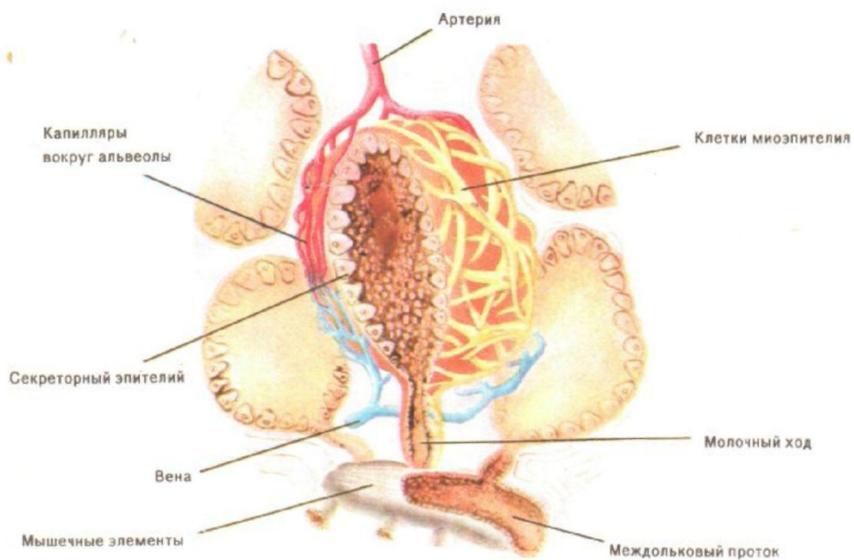
веолах — мельчайших пузырьках. Стенка альвеолы состоит из одного слоя секреторных клеток, базальной мембраны, слоя миоэпителиальных (сократительных) клеток, кровеносных и лимфатических сосудов. Диаметр альвеол составляет 100—300 мкм, толщина стенки в среднем 600 нм, число секреторных клеток в альвеоле — 50—90. Форма клеток может быть разной в зависимости от наличия секрета в полости альвеол: при пустой полости клетки высокие, при заполненной — низкие и растянутые. Густая капиллярная сеть, образованная разветвлениями артериол, расположена на некотором расстоянии от миоэпителия. При сокращении миоэпителия нежная структура капилляров не нарушается (рис. 2.3.1.34а).

Каждая альвеола имеет свой альвеолярный приток, выстланный однослойным железистым эпителием и тоже участвующим в секреторной функции. Несколько отдельных альвеол собраны в группы — гроздь, имеющие общий молочный канал (рис. 2.3.1.34б).

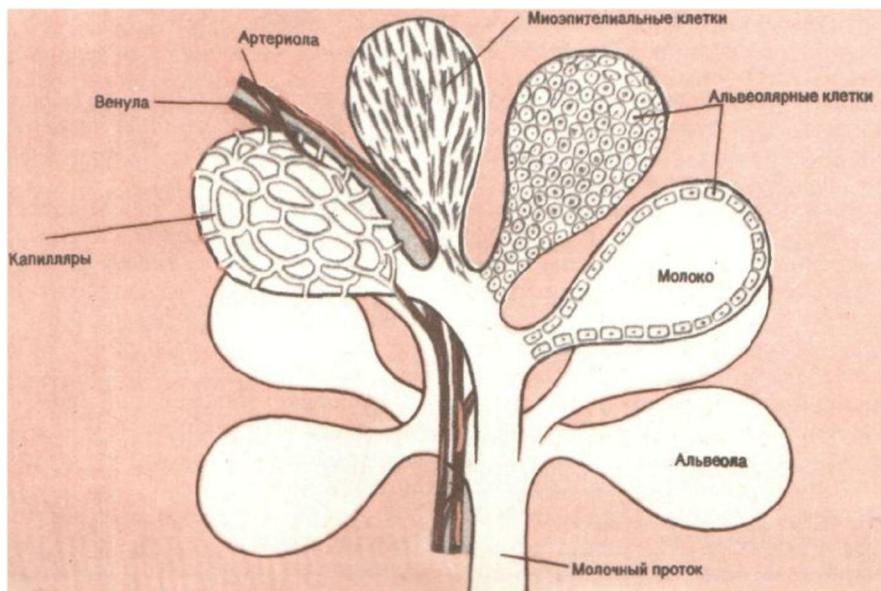
Несколько молочных каналов, сливаясь, образуют средний молочный ход. Часть паренхимы вымени, состоящая из нескольких гроздьев альвеол и объединенная молочным ходом, называется долькой (рис. 2.3.1.34в).

В отличие от альвеолярных и выводных протоков молочные ходы, как и протоки более крупного диаметра, выстланы двухслойным эпителием. Каждая долька содержит 150—200 альвеол. Средние ее размеры доставляют 1,5×1,0×0,5 мм. Дольки (15—20 единиц) объединяются в доли (рис. 2.3.1.34г). При этом средние молочные ходы формируют крупные молочные ходы, или выводные протоки диаметром до 15 мм в устье. Обычно на каждую четверть вымени, то есть один сосок, приходится 10—20 отдельных долей. Их выводные протоки впадают в железистую цистерну (рис. 2.3.1.34д). Внутренняя поверхность альвеол выстлана слоем секреторных клеток. Клетки лактирующей молочной железы обнаруживают (рис. 2.3.1.34е) все признаки высокой секреторной активности [55].

Кровеносная система обеспечивает протекание через молочную железу за 1 минуту 3-5 литров крови в зависимости от величины удоя. Образование 1 литра молока обеспечивают проходящие через вымя 400-500 литров крови [56]. Часть веществ, содержащихся в молоке, без изменения переходит из крови, часть, напротив, синтезируется альвеолярными клетками в результате сложных биохимических процессов.



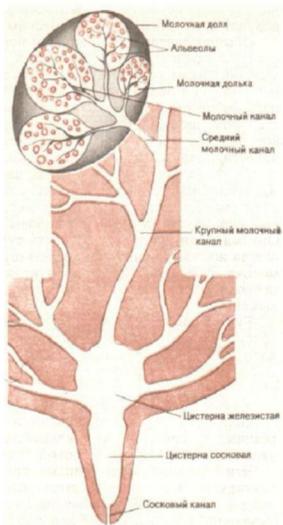
а



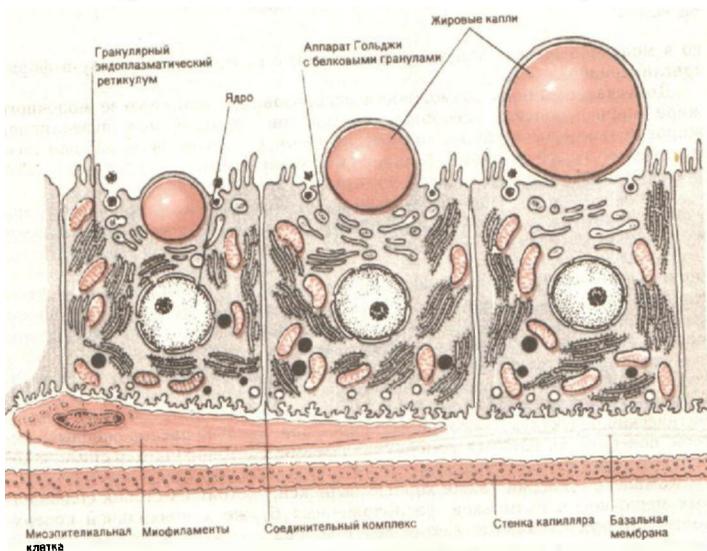
б



В



Г



Д

Рисунок 2.3.1.34 Схемы строения элементов вымени коровы: а – молочные альвеолы; б – гроздь альвеол; в – доля молочной железы; г – четверть вымени; д – ультраструктура трех альвеолярных клеток и одной миоэпителиальной клетки

Экскрецию в просвет альвеол компонентов молока, образовавшихся в альвеолярных клетках, объясняют изменением соотношений давления между альвеолярной клеткой и альвеолярным просветом во время молокообразования (рис. 2.3.1.35). С увеличением давления секрета в альвеолах прогрессивно уменьшается секреторная способность альвеолярных клеток и диффузионная проницаемость молочного жира. В перерыве между доениями, после наполнения альвеол, молоко выталкивается в ближайшие протоки в результате механического рефлекса, а затем — в цистерны вымени. [57].

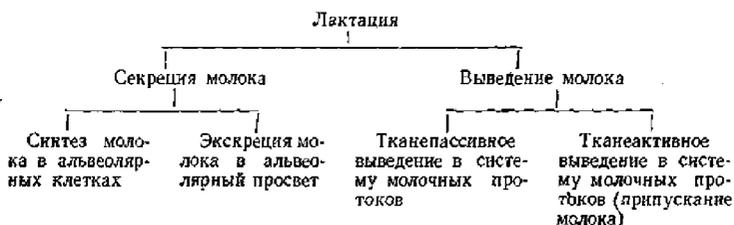


Рисунок 2.3.1.35 Процессы физиологии лактации

Процесс тканепассивного выведения молока в систему выводных протоков подчиняется законам физики. Секрет, диффундирующий из альвеолярных клеток, перемещает тем самым молоко из альвеолярных просветов в систему молочных протоков. Этот процесс ограничивается естественной емкостью вымени или способностью его к растяжению. При давлении 3 кПа емкость вымени достигает своего среднего уровня. Тем самым дальнейшая секреторная деятельность альвеолярных клеток тормозится (рис. 2.3.1.36) до момента опорожнения железы [56].

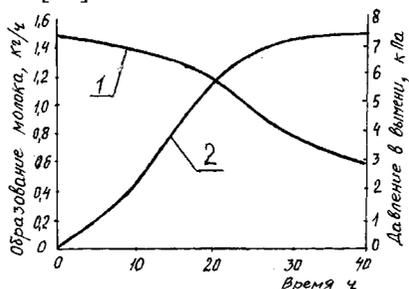


Рисунок 2.3.1.36 Изменение количества молока и давления в вымени:
1 — количество; 2 — давление

Предпосылка для тканеактивного выведения молока создается главным образом механическим и термическим раздражениями железы или сосков. Горячие обмывания и все заболевания, протекающие с повышением температуры тела, повышают процента молочного жира [56, 58]. В высокогорных условиях низкое давление способствует снижению удоев молока от коров и росту содержания жира в нем [56]. Наибольшее выделение окситоцина вызывает при раздражении барорецепторов, наименьшее – при раздражении терморепцепторов [54]. Нервные импульсы доходят до гипофиза (рис. 2.3.1.37). Благодаря этому освобождается гормон окситоцин, вырабатывающийся в указанных ядрах промежуточного мозга, и скапливается в задней доле гипофиза. Он поступает с током крови в молочную железу, вызывая сужение миоэпителиальных клеток, окружающих альвеолы, а также мышечных элементов, расположенных продольно и спирально по отношению к молочным ходам. Этот процесс сопровождается укорочением и расширением просвета молочных ходов [58–59]. Припуск молока связан с заметным возрастанием давления в цистерне, которое при доении вначале сохраняется на одном уровне, затем по мере опорожнения молочной железы уменьшается до нуля и обуславливает снижение скорости молокоотдачи во время доения [56].

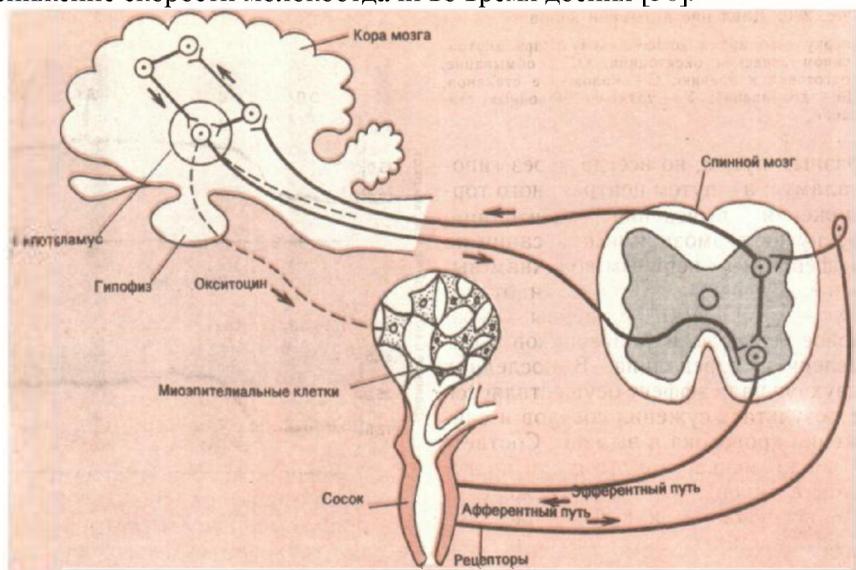


Рисунок 2.3.1.37 Схема регуляции молокоотдачи [55]

Если известное количество индикатора вводится в кровеносный сосуд за короткое время (около 1 с), то в этом случае концентрация $c(t)$ индикатора в сосуде уже не будет постоянной — она будет изменяться аналогично тому, как это показано на рисунке 2.1.3.38. Если скорость кровотока через сосуд F считать постоянной, то за время Δt мимо датчика пройдет количество индикатора, равное $c(t) \cdot F \cdot \Delta t$. Общее количество индикатора, прошедшее по сосуду мимо датчика, будет равно $F \int_0^{\infty} c(t) dt$. Если оно известно и равно Q , то из равенства $Q = F \int_0^{\infty} c(t) dt$ следует, что

$$F = \frac{Q}{\int_0^{\infty} c(t) dt}$$

Знаменатель в выражении для F численно равен площади под кривой на рис. 2.3.1.38.

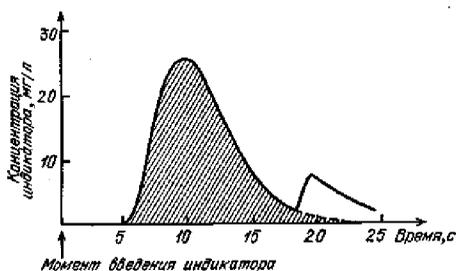


Рисунок 2.3.1.38 Изменение концентрации индикатора в крови после однократной инъекции

Площадь под кривой, соответствующей первому прохождению индикатора, заштрихована. Более поздний пик на кривой отражает второе появление той же порции индикатора, совершившей полный круг кровообращения [60]

На зависимости кривой внутривыменного (избыточного) давления $p(t)$ выделяют (рис. 2.3.1.39) характерные фазы рефлекса: *I* — рефлкторное расслабление стенок цистерн вымени (оно продолжается в течение 30 с после начала стимуляции); *II* — латентный

(скрытый) период после расслабления (его продолжительность около 30 с); III — альвеолярный сброс молока, или припуск, интенсивность которого характеризуется углом α наклона кривой при этой фазе (припуск длится около 60 с); IV — период максимального давления внутри вымени; V — период удерживания цистериального давления на уровне $p_{\max} \approx 7 \text{ кПа}$ (указанное значение давления удерживается в течение 240 с); VI — период снижения цистериального давления [53].

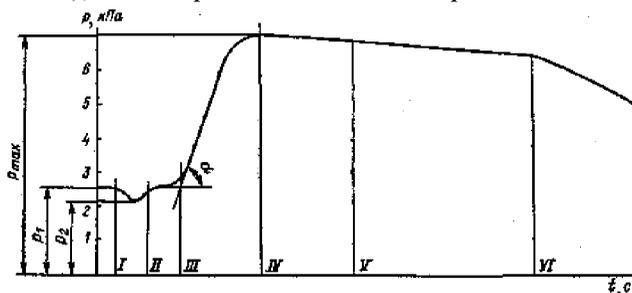


Рисунок 2.3.1.39 Изменение внутривыменного давления в процессе доения коровы

Осциллограмма (рис. 2.3.1.40) отображает сокращения гладких мышц стенок соска продолжительностью 7—11 с, возникающие в ответ на раздражение соседнего соска доильными движениями. Короткий сократительный период, достигающий своего максимума в течение 2—3 секунд, вызывает сравнительно медленное, продолжающееся 5—9 секунд, расслабление. В течение 1 минуты происходит различные по силе и частоте констрикции. Ритмические сокращения соска после доения отсутствуют [54].



Рисунок 2.3.1.40 Осциллограмма сокращений стенки соска в ответ на механическое раздражение

Во время доения содержание жира в молоке возрастает. Выталкиванию жировых шариков, вероятно, способствует слияние расположенных рядом пузырьков аппарата Гольджи [55]. Стабильная связь характерна между скоростями выдаивания коровы [58] и суточными колебаниями процента молочного жира (рис. 2.3.1.41).

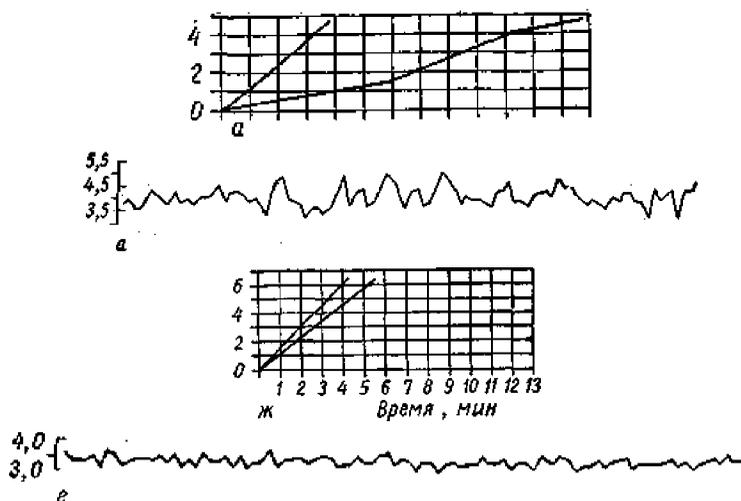


Рисунок 2.3.1.41 Динамика колебаний надоев молока и молочного жира [57]

Жир не выводится на альвеолярной емкости вымени на протяжении промежутка между доениями [58]. Об этом свидетельствует его накопление в этой емкости до 89,0% от общего его количества в молоке, содержащегося в вымени (табл. 2.3.1.4). Молочный же белок и лактоза равномерно распределяются в альвеолярном и цистернальном молоке (рис. 2.1.3.42).

Таблица 2.3.1.4 Абсолютное количество молока в каждой фракции и их процентное соотношение за 8-часовой промежуток [58]

Фракция	Молоко		Молочный жир		% к общему жиру в молоке
	граммов	%	%	граммов	
Общее количество	6 785	100	6,2	422,3	100
Цистернальное	2 270	33,5	2,0	40,5	11,0
Альвеолярное (рефлекторное + остаточное)	4 515	66,5	8,3	375,2	89,0
Рефлекторное	2 985	44,0	5,7	169,3	40,0
Остаточное молоко	1 530	22,3	13,5	206,0	49,0

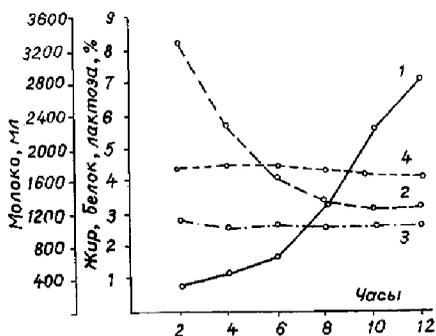


Рисунок 2.3.1.42 Динамика молоковыведения:

а — изменение количества образовавшегося молока со времени последней дойки и давления в вымени коровы; *б* — динамика выведения молока и его основных компонентов из альвеолярной емкости вымени в цистернальную в процессе его накопления в течение 12-часового промежутка: (1 — молоко; 2 — жир; 3 — белок; 4 — лактоза)

Одним из условий решения этой проблемы является разработка теоретических основ механики молоковыведения из вымени коров. Цель — описать математически природу функционирования вымени коровы в процессе доения с учетом особенностей работы альвеол, протоков и поверхностно-активных веществ. Железистая ткань состоит главным образом из альвеол, похожих на мелкие пузырьки овальной или шаровидной формы диаметром 0,1-0,4 мм, выстланных изнутри железистыми клетками, в которых происходит образование молока. Альвеолы — мешочкообразные окончания мелких разветвленных выводных протоков, впадающих в молочные каналы. Альвеола, закругленная на слепом конце, с противоположной стороны суживается и переходит в выводной проток, имеющий в начале почти такое же строение, что и альвеола. Большинство альвеол открывается в концевые протоки отдельно и лишь около одной четвертой части — группами, состоящими из 2—4-х альвеол. Снаружи альвеолярных клеток расположены плоские, звездчатой формы миоэпителиальные клетки, которые, сокращаясь, сжимают стенки альвеол и изгоняют из них молоко в выводные протоки.

Мельчайшие выводные протоки выстланы плоским эпителием. Снаружи от эпителиальных располагается слой миоэпителиальных

клеток веретенообразной формы, расположенных вдоль протоков. Мелкие выводные протоки объединяет проток большего диаметра. Его эпителий приобретает цилиндрическую форму. В еще более крупных протоках и в молочной цистерне появляется двухслойный цилиндрический эпителий. В стенках более крупных протоков миоэпителиальные клетки отсутствуют, а их заменяет продольный слой гладкомышечных клеток.

Все молочные протоки содержат в своих стенках эластические волокна. В вымени с небольшой цистерной система протоков оказывается более разветвленной и, наоборот, в вымени с большой цистерной протоки развиты слабее. Протоки, открывающиеся в цистерну железы, приобретают наружный циркулярный мышечный слой. В устьях крупных протоков, впадающих в молочную цистерну, имеются круговые складки, которые содержат циркулярные мышечные волокна. Миоэпителиальные волокна, расположенные в стенках протоков главным образом продольно, при сокращении вызывают укорочение и расширение протоков.

В стенке молочной цистерны имеются гладкомышечные волокна, расположенные в разных направлениях. Полость молочной цистерны приблизительно на уровне основания соска делится круговой складкой на верхний железистый и нижний сосковый отделы. Ниже круговой складки находится сосковая цистерна, которая переходит в сосковый проток.

Снаружи слизистой оболочки сосковой цистерны расположен ряд слоев мышечных клеток: циркулярный слой гладких мышц, смешанный, в котором мышечные пучки косо расходятся в разных направлениях, и рыхлый радиальный мышечный слой. Все мышечные слои содержат пучки коллагеновых и эластических волокон. Из отдельных компонентов сосудистой зоны соска более всего представлена коллагеновая соединительная ткань.

Она пронизана наискось и в продольном направлении мышечными и эластичными волокнами и кровеносными сосудами. Стенка соска состоит из среднего сосудисто-мышечного слоя. В среднем слое, кроме коллагеновых и эластических волокон, имеются множество гладких мышечных волокон, которые внутри соска идут в продольном направлении, а снаружи – кругами или в форме спиралей [54].

Коэффициент поверхностного натяжения определяется одновременно свойствами самой жидкости и газа, который находится над

ней, а также температурой окружающей среды. Для воды α равняется $7 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$, а для межклеточной жидкости — $5 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$. Поверхностное натяжение молока (сила, действующая на единицу длины границы раздела фаз молоко—воздух) ниже поверхностного натяжения воды ($72 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$) и при 20°C равно около $44 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$). Более низкое по сравнению с водой значение поверхностного натяжения объясняется наличием в молоке поверхностно-активных веществ (ПАВ) — жирных кислот.

Поверхностное натяжение молока зависит от его температуры и жира. Так, поверхностное натяжение снижается при нагревании молока и особенно сильно при его липолизе, так как в результате гидролиза жира образуются поверхностно-активные вещества — жирные кислоты, ди- и моноацилглицерины, понижающие величину поверхностной энергии. Натяжение в молоке возникает также на границе раздела других фаз — жир—плазма и воздух—плазма, способствуя образованию гидратных оболочек шариков жира и пены. У жвачных высокомолекулярные стеариновые и олеиновые кислоты поступают непосредственно из крови, а часть их образуется в альвеолах из глюкозы и ацетата крови. Для синтеза низкомолекулярных жирных кислот служит главным образом ацетат. Он образует тонкую пленку на поверхности секрета альвеолы.

Вклад поверхностного натяжения возрастает с увеличением объема альвеолы. Если бы это было не так, то взаимодействие между соседними альвеолами с разными радиусами R вызвало бы уменьшение мелких альвеол и растяжение (и разрыв) крупных. Ведь в соответствии с законом Лапласа давление P_1 в левой альвеоле больше давления P_2 в правой альвеоле.

Соединение полостей альвеол вызовет перетекание воздуха из левой альвеолы в правую альвеолу до момента выравнивания давления (рис. 2.3.1.43б). Это произойдет тогда, когда радиус правой альвеолы станет равным радиусу кривизны уменьшившейся левой альвеолы. Таким образом, при соединении полостей двух неодинаковых альвеол большая всегда будет раздуваться, а меньшая спадаться. Альвеолы вымени уже не могли бы выполнять своей функции.

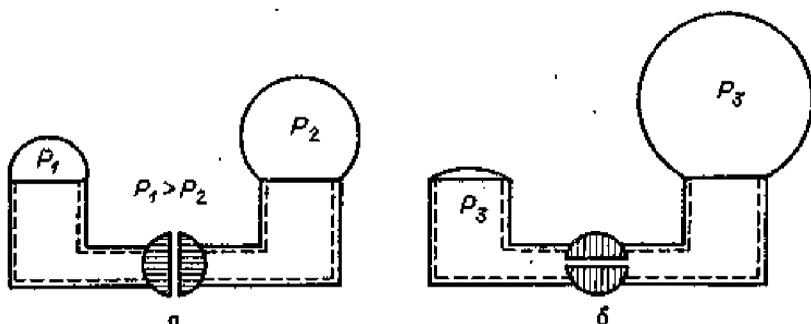


Рисунок 2.3.1.43 Схема взаимодействия двух альвеол с разными радиусами:

*а — воздушные полости альвеол изолированы друг от друга;
б — соединены*

Рассматривая взаимодействие между соседними альвеолами, мы априори считали, что коэффициент поверхностного натяжения у различных альвеол одинаков и не зависит от того, в каком состоянии — раздутом или спавшемся — они находятся. Действительно, для воды коэффициент поверхностного натяжения не зависит от размеров поверхности. Однако для молока, содержащего жировые примеси, α зависит от площади поверхности альвеолы, по которой она граничит с секретом вымени. Жир, содержащейся в виде примеси в молоке, делает коэффициент поверхностного натяжения зависимым от площади поверхности. Он так регулирует величину поверхностного натяжения, что α минимально в начале синтеза молока ($42 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$) и максимально в его конце ($50 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$). Поэтому, несмотря на то, что диаметр альвеол в начале синтеза молока мал, вклад сил поверхностного натяжения невелик. Это позволяет раздуть спавшиеся альвеолы относительно малым давлением. В то же время, увеличение α с увеличением радиуса альвеолы препятствует ее чрезмерному раздуванию. Если концентрация жира высокая, и он может покрыть всю поверхность секрета непрерывным слоем, то α такой жидкости равняется α жира. Когда же концентрация жира мала, чтобы покрыть всю поверхность секрета, то увеличение поверхности молока, снижает поверхностную концентрацию жира, приближает коэффициент поверхностного натяжения к $\alpha_{\text{H}_2\text{O}}$. Очевидно, что при уменьшении по-

верхности молока ее α будет изменяться в противоположном направлении. Гистерезис коэффициента поверхностного натяжения от площади обусловлен тем, что часть жира, понижающего поверхностное натяжение, растворена в более глубоких слоях молока. Это растворенное в объеме молока количество жира находится в динамическом равновесии с молекулами жира на поверхности. Поэтому при увеличении концентрации жира на поверхности часть его постепенно уходит в глубь молока, и наоборот. Поэтому, например, в начале «растяжения» альвеолы быстрое увеличение поверхности сопровождается резким ростом α , так как растворенный в объеме жир не успевает выйти на поверхность. Равновесие между жировыми молекулами наступает лишь в конце «растяжения» («сжатия») альвеолы, объясняя наличие гистерезиса в зависимости α от площади поверхности (рис. 2.3.1.44).

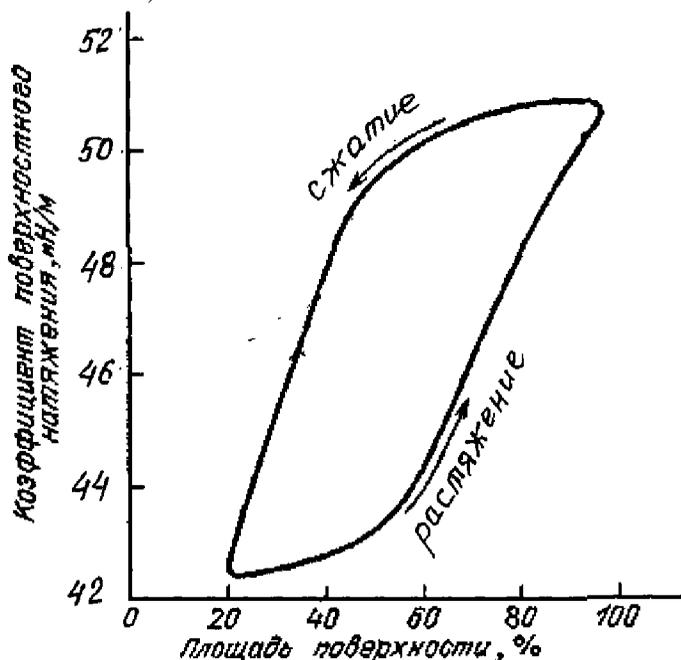


Рисунок 2.3.1.44 Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от площади контакта альвеолярного секрета с воздухом. Стрелками указано изменение во времени величин при синтезе молока и молоковыведении

При синтезе молока в альвеоле поверхностное натяжение действует по границам двух фаз: «молоко-секреторный слой»; «молоко-воздух» (рис. 2.3.1.45а). После наполнения альвеолы молоком действует поверхностное натяжение на границе «молоко-секреторный слой» (рис. 2.3.1.45б), вытесняющее молоко в протоку. Глобулы жира (рис. 2.3.1.45в-г) задерживаются в клетках [55].

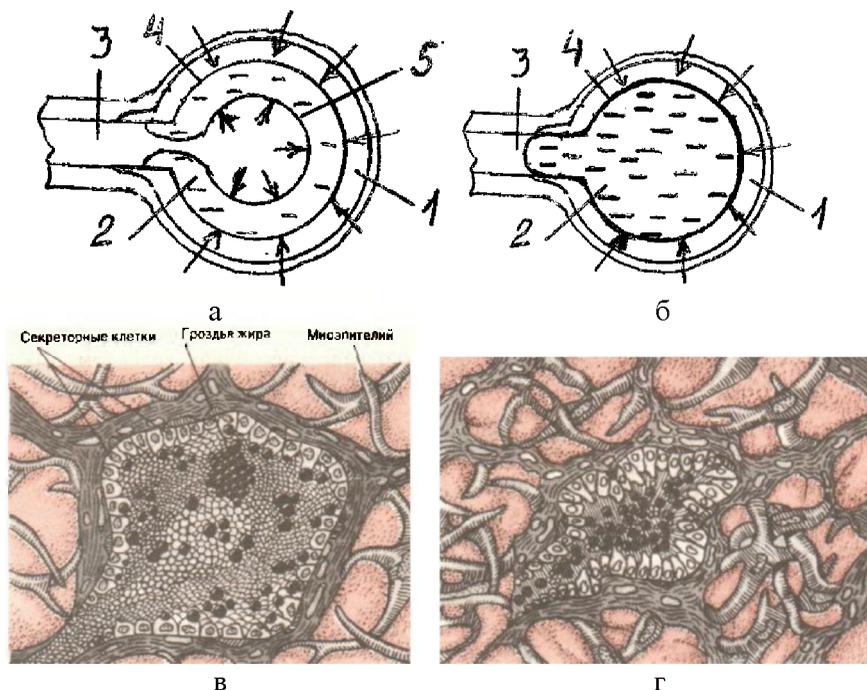


Рисунок 2.3.1.45 Поверхностное натяжение альвеолы:
а-б – схемы (а – при синтезе молока; б – при наполнении); в-г – альвеола в разрезе [55] (в – при наполнении молоком; г – в сжатом состоянии)

Физическая модель четверти вымени представлена одним вертикальным (молочной цистерной) радиуса R и большим числом горизонтальных цилиндров (альвеолами). В нижней части горизонтальные цилиндры соединены трубками небольшого сечения (протоками)

с молочной цистерной. Горизонтальные цилиндры с одной стороны открыты и в них вставлены поршни (рис. 2.3.1.46).

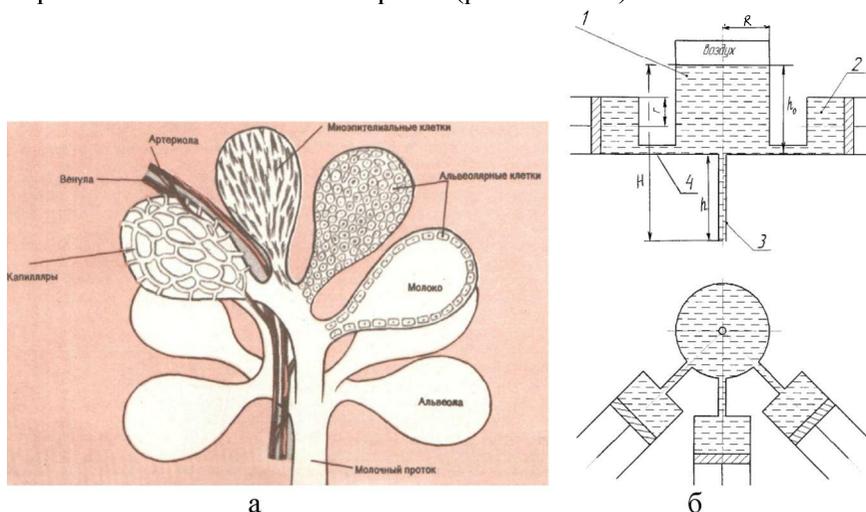


Рисунок 2.3.1.46 Модели элементов вымени:

а – гроздь альвеол [55]; *б* – физическая (1 – цистерна молочная; 2 – альвеола; 3 – сосок; 4 – протока)

Давление на дно молочной цистерны равно $p = p_0 + \rho_m gh$, где p_0 – атмосферное давление, ρ_m – плотность молока, g – ускорение свободного падения. По закону Паскаля то же давление действует на нижний край поршня (альвеолы), находящегося в «горизонтальном» цилиндре.

Давление молока на часть поршня, отстоящую от нижнего края на расстояние по вертикали, равно $p - \rho_m gh$, (рис. 2.3.1.47). Сила давления молока на верхнюю полоску площадью ΔS равна

$$F_{\text{верх}} = [p - \rho_m g(r + a)]\Delta S,$$

а сила давления на нижнюю полоску

$$F_{\text{нижн}} = [p - \rho_m g(r - a)]\Delta S.$$

Сумма этих сил пропорциональна площади полоски, причем коэффициент пропорциональности, равный $2(p - \rho_m gr)$, не зависит от a .

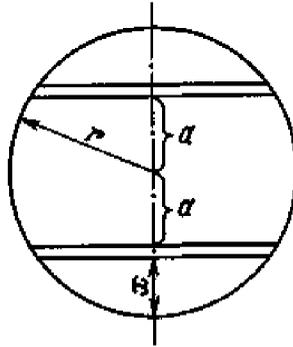


Рисунок 2.3.1.47 Схема расчета давления на поршень

Суммарная сила давления молока на поршни радиусом r равна

$$n[p_0 + \rho_m g(h_0 - r)]\pi r^2 = p_0 \pi R^2$$

Чтобы поршень находился в равновесии, необходимо равенство этой силы силе атмосферного давления, действующей на поршень слева и равной $p_0 \pi R^2$. Отсюда

$$h_0 = \frac{p_0}{\rho g} \left[\left(\frac{R}{r} \right)^2 \frac{1}{n} - 1 \right] + r$$

Работу альвеолы можно представить в виде поршня (рис. 2.3.1.48). За промежуток времени τ поршень переместится на расстояние $u\tau$. При этом сила F совершит работу $A = Fu\tau$. Масса молока, вытекающей из альвеолы за время τ , равна $\rho Su\tau$. Скорость истечения молока g определится из соотношения $Su = s g$. Изменение кинетической энергии молока за время τ равно

$$\rho Su\tau \left(g^2/2 - u^2/2 \right).$$

Это изменение энергии должно равняться работе силы F

$$Fu\tau = \rho Su\tau \left(g^2/2 - u^2/2 \right)$$

Исключая отсюда u , находим $g^2 = \frac{2F}{S\rho} \frac{1}{1 - s^2/S^2}$. Если $s \ll S$, то

$$g = \sqrt{2F/S\rho}.$$

Таким образом, скорость выделения молока из альвеол пропорциональна усилию, развиваемому миоэпителиальными клетками.

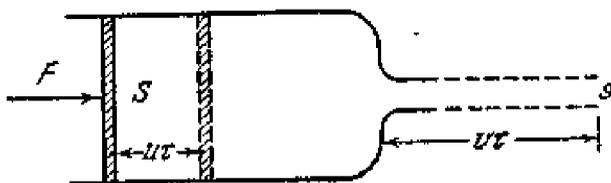


Рисунок 2.3.1.48 Модель альвеолы

Стенка молочной протоки толщиной h и диаметром d обладает высокой эластичностью. Ее модуль Юнга в 10^5 раз меньше модуля Юнга металлов. Поэтому, когда молоко поступает в протоку под воздействием механических факторов между дойками, она начинает расширяться до тех пор, пока приток молока не прекратится. После этого силы упругости растянутой стенки протоки, стремясь вернуть ее к первоначальным размерам, выжимают молоко под давление P в более удаленный от альвеолы участок протоки. Обратному току препятствует альвеола. Этот участок протоки растягивается, и через какое-то время все повторяется сначала. Поэтому после каждого сокращения альвеолы вдоль протоки пробегает деформационная волна со скоростью θ . Если считать линейным характер изменения давление P молока в точке, удаленной на расстояние x_0 от альвеолы, то молоко плотностью ρ в данной точке протоки будет двигаться только тогда, когда через эту точку будет проходить пульсовая волна (рис. 2.3.1.49).

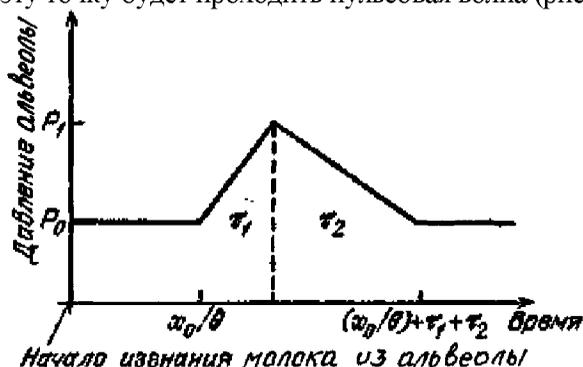


Рисунок 2.3.1.49 Постулируемое в модели изменение давления молока в точке протока, отстоящей на x_0 от альвеолы

В момент времени x_0/θ , отсчитываемый от начала сокращения альвеолы, на массу молока, находящуюся между поперечными сечениями $x_0 - \theta\tau_1$ и x_0 вдоль оси протоки, будет действовать сила, равная разности сил давления, приложенных к этим поперечным сечениям. Учитывая массу молока между сечениями, из второго закона Ньютона можно получить величину ускорения этой массы молока вблизи точки x_0 в течение времени τ_1

$$\begin{cases} F_1 = (P_1 - P_0) \frac{\pi d^2}{4} \\ m = \rho \theta \tau_1 \frac{\pi d^2}{4} \end{cases} \rightarrow a_+ = \frac{P_1 - P_0}{\rho \theta \tau_1}$$

Затем движение молока начнет замедляться, а соответствующее отрицательное ускорение станет равным $a_- = -(P_1 - P_0)/\rho\theta\tau_2$. В результате за интервал времени τ_1 , когда давление в точке x_0 росло, скорость молока, находящегося в этой области, достигнет значения $\vartheta_+ = a_+\tau_1$. За отрезок времени τ_2 снижение скорости молока в данной точке составит $\Delta\vartheta_2 = (P_1 - P_0)/\rho\theta$ и вернется к нулю (рис. 2.3.1.50). Объем между сечениями $x_0 - \theta(\tau_1 + \tau_2)$ и x_0 в интервале времени $x_0/\theta - \tau_1 - \tau_2$ и x_0/θ увеличивается потому, что масса, притекающая в этот участок протоки слева, превышает оттекающую массу. Скорость молока, оттекающего из участка протоки, в течение этого интервала времени была равна нулю, а среднее значение скорости притекающего молока составляет $\Delta\vartheta_{cp} = (P_1 - P_0)/2\rho\theta$. В течение интервала времени $\tau_1 + \tau_2$ разность скоростей притока и оттока молока в вышеуказанный участок протоки составляет $\Delta\vartheta_{cp} = (P_1 - P_0)/2\rho\theta$ [60].

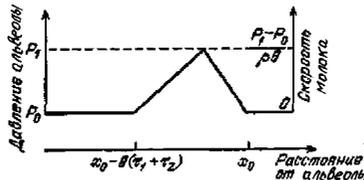


Рисунок 2.3.1.5 Распределение давления и скорости молока вдоль протоки

Выражение для скорости распространения пульсовой волны получают исходя из увеличения объема молока ΔV (умножив превышение скорости притока над скоростью оттока на площадь поперечного сечения сосуда и интервал времени) и увеличения диаметра (Δd) расширенного участка протоки (пренебрегая $(\Delta d)^2$ по сравнению с $d \cdot \Delta d$):

$$\begin{cases} \Delta V = \frac{P_1 - P_0}{2\rho\theta} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot (\tau_1 + \tau_2) \\ \Delta V = \frac{\pi \theta d \cdot \Delta d}{2} \cdot (\tau_1 + \tau_2) \end{cases} \rightarrow \theta = \left(\frac{P_1 - P_0}{\Delta d/d} \cdot \frac{1}{4\rho} \right)^{1/2}$$

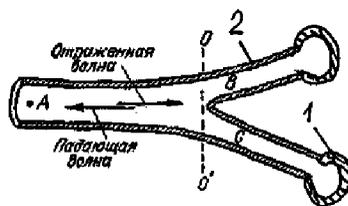
Скорость распространения пульсовой волны, полученная из законов кинематики и динамики движения молока по протоке, определяют относительная деформация стенок протоки ($\Delta d/d$) и увеличение давления молока в ней ($P_1 - P_0$).

Отношение этих двух величин находят, используя закон Гука, связывающий величину относительной деформации материала с силой, вызывающей эту деформацию. Относительное выражение для скорости распространения пульсовой волны ($h/d = 0,1$, $E = 10^6 \text{ Н/м}^2$ и $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$) по формуле $\theta = \sqrt{\frac{Eh}{\rho d}}$ дает значение $\theta \approx 10 \text{ м/с}$. Пульсо-

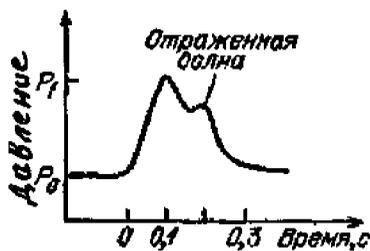
вые волны в протоках также могут отражаться от тех мест, где условия их распространения изменяются. Такими местами для пульсовых волн являются области объединения протоков (рис. 2.3.1.51).

Отраженная пульсовая волна, так же как и первичная, сопровождается деформацией стенки протоки. Но если энергия упругой деформации стенок, вызванная распространением первичной волны, потом переходит в кинетическую энергию движения молока от альвеолы к протоку, то отраженная волна препятствует нормальному току молока.

Амплитуда отраженной пульсовой волны зависит от соотношения площадей поперечного сечения протоков. Изменение давления ΔP в месте объединенной протоки (рис. 2.3.1.51а) должно равняться сумме давлений, создаваемых падающей ($\Delta P_{пад}$) и отраженной ($\Delta P_{отр}$) волнами.



а



б

Рисунок 2.3.1.51 Отраженные волны:

- а* — возникновение отраженной пульсовой волны в крупной протоке;
б — изменение давления при наличии отраженной волны

Сумма масс молока, притекающих малыми протоками *B* и *C* с пульсовыми волнами, должна быть равна массе, оттекающей по более крупной протоке *A*.

$$\Delta P_{\text{пад}} + \Delta P_{\text{отр}} = \Delta P$$

$$(M_{\text{пад}}^B + M_{\text{пад}}^C) - (M_{\text{отр}}^B + M_{\text{отр}}^C) = M_A$$

где $M_{\text{пад}}$ и $M_{\text{отр}}$ — массы молока, переносимые в единицу времени через сечение OO' протоки падающей и отраженной волнами соответственно, M_A — скорость массопереноса молока пульсовой волной объединенной протокой. Изменение скорости молока во время пульсовой волны равно

$$\Delta \vartheta = \Delta P / \rho \theta$$

где ΔP — изменение давления при распространении пульсовой волны. Следовательно, масса молока, переносимой пульсовой волной в единицу времени через поперечное сечение сосуда S , равна

$$M = \Delta \vartheta S \rho$$

Тогда

$$\frac{\Delta P_{na\partial}}{\theta_B} S_B + \frac{\Delta P_{na\partial}}{\theta_C} S_C - \frac{\Delta P_{na\partial}}{\theta_B} S_B - \frac{\Delta P_{na\partial}}{\theta_C} S_C = \frac{\Delta P_{na\partial}}{\theta_A} S_A + \frac{\Delta P_{omp}}{\theta_A} S_A$$

$$\frac{\Delta P_{omp}}{\Delta P_{na\partial}} = \frac{(S_B/\theta_B + S_C/\theta_C) - S_A/\theta_A}{S_A/\theta_A + S_B/\theta_B + S_C/\theta_C} \quad \text{или} \quad S_A = S_B + S_C$$

Существует зависимость между напряжением T , растягивающим стенку протока (отношение силы к площади продольного сечения стенки), его радиусом R , давлением внутри протока P и толщиной его стенки h :

$$T = PR/h \rightarrow Th = T' \rightarrow T' = PR$$

Из закона Лапласа следует, что при увеличении P должно увеличиваться и T , что приводит к растяжению стенки протока и увеличению его радиуса R . Но так как объем стенки протока можно считать постоянным, то увеличение радиуса протоки должно сопровождаться утончением ее стенки. Поэтому при увеличении P отношение R/h тоже должно увеличиться, что должно привести к еще большему росту T . Таким образом, любое повышение давления, казалось бы, должно вызывать лавинообразный рост R и уменьшение h . Этому препятствуют измененные механические свойства стенки протока, содержащей два типа упругих материалов: эластин и коллаген. В нерастянутой стенке протоки коллагеновые волокна не распрямлены до конца. Поэтому легко растяжимый эластин определяет упругость стенки протоки при малых деформациях.

При больших деформациях механические свойства стенки протока определяются коллагеном, который обладает гораздо большей жесткостью, чем эластин. Поэтому зависимость радиуса протоки от напряжения T' , растягивающего ее стенки, может быть аппроксимирована двумя отрезками (рис. 2.3.1.52). Зная упругие характеристики стенки протока и закон Лапласа, можно найти изменения радиуса протоки при изменении давления в нем. Так как значение R должно соответствовать уравнению Лапласа и упругости стенки протока, при каждом P соответствующее значение R можно получить, если найти ординату точки пересечения сплошной кривой на рисунке со штриховой прямой.

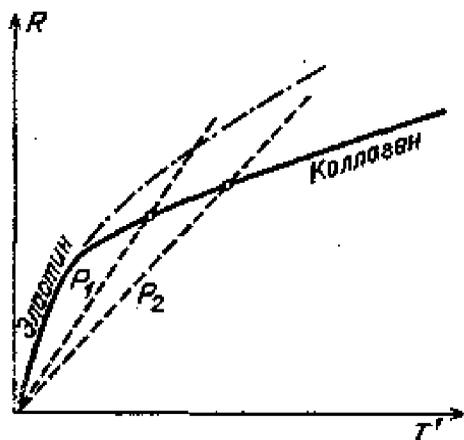


Рисунок 2.3.1.52 Определение радиуса протоки

После доения машиной в цистернальном отделе четверти всегда имеется 20–470 граммов молока, препятствующие проникновению вакуума в вышерасположенных отделах вымени [54].

Скорость течения молока в соске постоянна по всему сечению в силу малой сжимаемости молока и неразрывности струи (рис. 2.3.1.53). Эта скорость равна $v = \sqrt{2gH}$. Скорость молока в цистернальной емкости мала и практически равна нулю, так как площадь цистернальной емкости больше площади сечения сфинктера соски. Следовательно, на границе цистернальная емкость–сосок имеется перепад давления $\Delta p = p_1 - p_2$. Работа сил давления вызывает изменение скорости от нуля до $\sqrt{2gH}$. На основании закона сохранения энергии

$$\Delta m v^2 / 2 = (p_1 - p_2) S \Delta h,$$

где S – площадь сечения сфинктера соски, Δh – высота малого элемента жидкости и $\Delta m = \rho S \Delta h$ – масса этого элемента.

Следовательно, $\rho v^2 / 2 = p_1 - p_2 = \rho g H$. Из-за постоянства скорости течения давление в соске меняется по закону $p = p_0 - \rho_m g(h - x)$, p_0 – атмосферное давление, а x – расстояние, отсчитываемое от верхнего конца соски. Изменение давления по высоте изображено на рисунке 2.3.1.53.

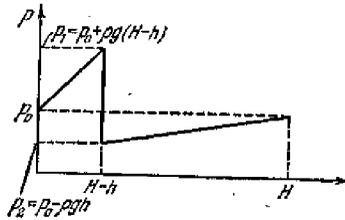


Рисунок 2.3.1.53 Изменение давления молока по высоте молочной цистерны и соска вымени

Процесс молокоотдачи протекает относительно быстро, и доение коровы должно быть произведено не более чем за 4–6 минут. Скорость оптимального потока молока через канал сфинктера соска равняется 2–3 кг/мин. При скорости менее 2 кг/мин создается возможность обратного тока молока, когда при сжатии сосковой резины часть выдоенного молока снова попадает в сосок. Это вызывает раздражение тканей последнего, в результате чего происходит неполное выдаивание. Максимальная скорость молокоотделения в минуту и продолжительность доения составляет 0,350 литров и 9,2 минуты тугодойками и 0,990 литров и 4,2 минуты легководойками коровами. На легкость отдачи молока могут оказывать влияние аномалии молочных ходов, цистерны, самого соска и соскового канала (табл. 2.3.1.5). Нормальный сосковый канал имеет длину 5–14 мм, в верхнем конце большей частью расширен и к устью соска сужен. Сосковые каналы легководойких коров достигают в среднем длины 8 мм и тугодойких — 11 мм. Просвет канала из-за многочисленных выпячивающихся внутрь него складок сужен, поэтому на поперечном разрезе он имеет форму узкой, звездчатой щели, которая в промежутке между дойками закрыта. Складчатость в папиллярном теле соскового канала легководойких коров выражена сильнее, характеризуя его большую сократимость и растяжимость. Эта особенность является важной предпосылкой нормального истечения молока. Масса окружающей сосковой канал ткани определяется формой верхушки соска и длиной соскового канала. Верхушки сосков легководойких коров остроконечные, а сосковые каналы короткие. Верхушки же сосков тугодойких коров округлые и плоские с длинными каналами. Масса соска тугодойких коров больше. Сосудистая зоны верхушки соска легководойких коров в два, а тугодойких в четыре раза шире зоны кольцевой мышцы.

Таблица 2.3.1.5 Формы верхушек сосков и размеры сосковых каналов

Наименование	Форма	Размеры соскового канала, мм	
		легкодойких	тугодойких
Остроконечная		3x4-5 3x9-10 7x11-14	
Воронкообразная		3x9-10 4x7-8	2x8
Округлая		4x5-7	4x6-8 12x9-10 13x11-17
Тарельчатая			2x8 7x9-10

Кроме аномалий соскового канала и верхушек сосков, различия в легкости отдачи молока могут объясняться отклонениями в форме цистерны и стенки сосков. У основания соска цистерна вымени и сосковая цистерна более или менее отчетливо отделяются друг от друга вдающейся в просвет круговой складкой толщиной 2—6 мм. Эта складка состоит из грубой соединительной ткани и циркулярных мышечных волокон (через нее проходит кольцевая вена). Иногда круговая складка уже с первой лактации оказывается сильно развитой, сужая просвет и затрудняя отделение молока.

При переходе соскового канала в цистерну чрезмерно разросшиеся складки слизистой оболочки, образующие фюрстенберговскую розетку, могут вызывать стеноз (рис. 2.3.1.54а). Полость соска (сосковая часть цистерны) цилиндрическая, сужающаяся по направлению к круговой складке, а со стороны соскового канала становится кратерной или конической. Толщина стенки и диаметр полости соска легкодойких и тугодойких коров составляет 3—8 мм и 17,5 мм и 5—10 мм и 12,4 мм соответственно. В отдельных случаях имеются надрывы или неправильное расположение соскового канала тугодойких коров

(рис. 2.3.1.54б–д). Карманообразный сосок благоприятствует возникновению маститов (рис. 2.3.1.54е) [56].

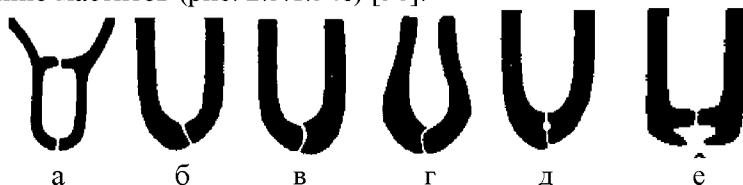


Рисунок 23 Неправильно сформированные элементы сосков:
а – стенозирующая кольцевая складка; б–д – каналы; е) карманообразный сосок

Несоответствие сосков и сосковой резины способствует механическому закрытию отверстия между сосковым и железистым отделами цистерны вследствие «наползания» доильного стакана (рис. 2.3.1.55).

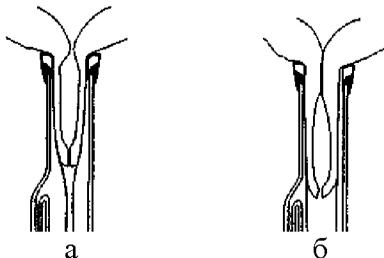


Рисунок 2.3.1.55 Закрытие отверстия между сосковым и железистым отделами цистерны

Таким образом, рост внутривыменное давление вызывает сжатый воздух, находящегося в верхней части молочной цистерны при ее заполнении молоком в период между дойками. Управление процессами молокоотдачи коровы и ее доения возможно путем воздействия на воздушную подушку. Вывод воздуха из цистерны в период между дойками может интенсифицировать процесс молокообразования. Условием совершенствования доильных аппаратов является знание параметров молочной цистерны и протоков, пропускной способности венного кольца в различные моменты доения, стабильности вакуума во внутрисосковом пространстве. Постоянство рабочего вакуумметрического давления исключает нарушение стереотипа и торможение молокоотдачи.

2.3.2 Холодильные установки

Качество молока и молочных продуктов определяет своевременность их первичной обработки на фермах (фильтрование, охлаждение, хранение, пастеризация, сепарирование и нормализация). Молоко – продукт скоропортящийся. В нем происходит бурный рост микроорганизмов. Свежевыдоенное молоко обладает бактерицидными свойствами, которые сохраняются 2 часа при температуре молока 37°C, а при температуре молока 10°C – до 24 часов (рис. 2.3.2.1). Если молоко лишается бактерицидных свойств, то в нем быстро развиваются микроорганизмы, жизнедеятельность которых повышает кислотность молока. Анализ показывает, что при температуре молока до 10°C его можно хранить кратковременно (от 1 до 10 часов), а при температуре 4°C молоко можно хранить до двух суток без существенного нарушения качества молока.

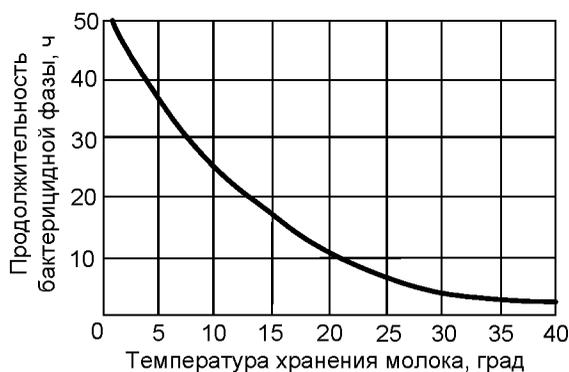


Рисунок 2.3.2.1 Зависимость продолжительности бактериостатической деятельности молока от температуры его хранения

Следовательно, для сохранения качества молока его необходимо скорее охладить. Самый простой и доступный способ охлаждения молока на фермах – погружение фляг с молоком в бассейны с холодной водой. Наиболее простой способ – охлаждение артезианской или родниковой водой при температуре 2–8°C. Основной недостаток такого способа – большой расход воды. На каждую тонну молока тратится 3–4 тонны воды. С помощью проточной воды молоко можно

охладить всего лишь до 13–15°C. Применяется и способ отвода тепла от молока посредством льда. Например, для охлаждения 100 кг молока требуется 110–130 кг, что экономически нецелесообразно. Этот способ характеризуется большой трудоемкостью заготовки и хранения льда, доставки его в молочную.

Хорошие результаты, с точки зрения экономии электроэнергии и ресурса молокоохладительных установок, а также времени охлаждения молока, дает применение пластинчатых охладителей. Пластинчатый охладитель представляет собой набор теплопередающих пластин, зажатых между двумя плитами стяжными болтами. Молоко, подлежащее охлаждению, поступает в коллектор, образованный отверстиями в пластинах. Из коллектора молоко подается в каждый нечетный зазор между пластинами. Холодная вода подается в каждый четный зазор между пластинами и движется в направлении, противоположном движению молока. В прямоточных охладителях интенсивность теплообмена в начале процесса велика (рис. 2.3.2.2а), но значительно снижается на выходе из охладителя. В противоточных охладителях (рис. 2.3.2.2б) градиент температур в течение всего процесса изменяется в значительно меньшей степени, поэтому интенсивность теплообмена также более равномерная. Поэтому в последнем случае можно получить температуру молока, близкую к начальной температуре хладагента.

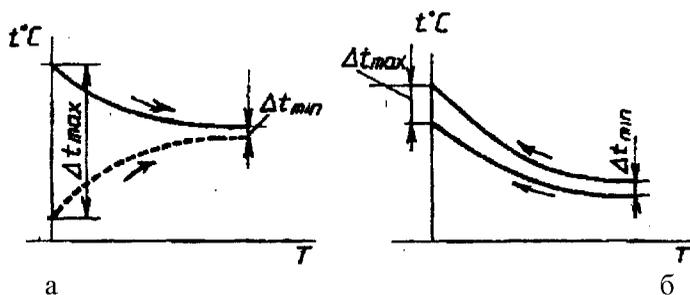


Рисунок 2.3.2.2 Интенсивность теплообмена в молокоохладителях:
а) прямоточных; б) противоточных

Однако применение пластинчатых охладителей затрудняется сложностью изготовления. При этом в процессе работы пластинчато-

го охладителя требуется большой расход воды. Кроме того, в этих установках невозможно непрерывно поддерживать требуемую температуру. Поэтому пластинчатые охладители используются в основном для предварительного или кратковременного охлаждения молока. Для длительного поддержания требуемой низкой температуры применяется холодильное оборудование.

Холодильная машина осуществляет перенос тепла, отнятого у среды, окружающей испаритель, к среде, окружающей конденсатор. Принцип работы холодильного оборудования основан на использовании процессов изменения агрегатного состояния тел, при котором происходит или поглощение тепла из окружающей среды или его выделение. Выделение тепла происходит при конденсации перегретых паров, а поглощение – при кипении жидкости. Такая холодильная установка должна содержать (как минимум) четыре основных узла: компрессор, конденсатор, терморегулирующий вентиль и испаритель (рис. 2.3.2.3), соединенных между собой трубопроводами в замкнутую герметичную систему, которая заполняется хладагентом.

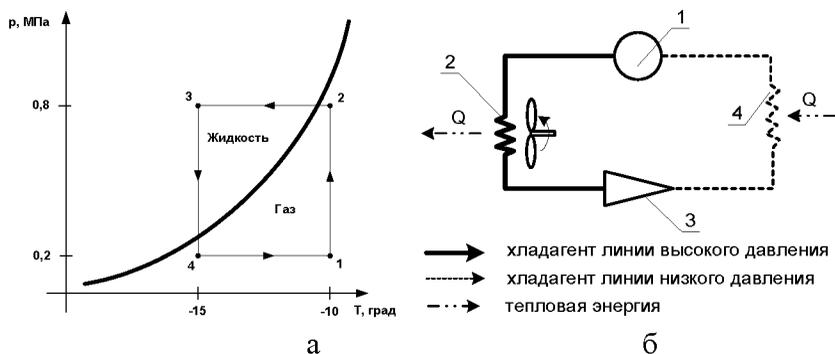


Рисунок 2.3.2.3 Холодильная установка:

а) изменение агрегатного состояния хладагента (1–2 – повышение давления газа в компрессоре; 2–3 – охлаждение газа в конденсаторе, сопровождающееся переходом хладагента из газообразного состояния в жидкое; 3–4 – впрыск жидкости из линии высокого давления в линию низкого давления, сопровождающийся кипением жидкости;

4–1 – нагрев газообразного хладагента на пути из испарителя в компрессор); б) схема (1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – терморегулирующий вентиль; 4 – испаритель)

Компрессор в холодильной установке применяется для создания высокого давления в линии нагнетания. Среди широко применяемых компрессоров холодильных установок можно выделить поршневые, с катящимся ротором, винтовые и спиральные компрессоры. Современные малые поршневые компрессоры конструируют исключительно по непрямоточной схеме (рис. 2.3.2.4а), когда всасывающий и нагнетательный клапаны расположены рядом в крышке и поток паров осуществляет поворот на 180° (рис. 2.3.2.4б). Это объясняется тем, что поршень непрямоточных компрессоров по сравнению с прямоточными существенно короче и, легче, что позволяет делать их более компактными и высокооборотными.

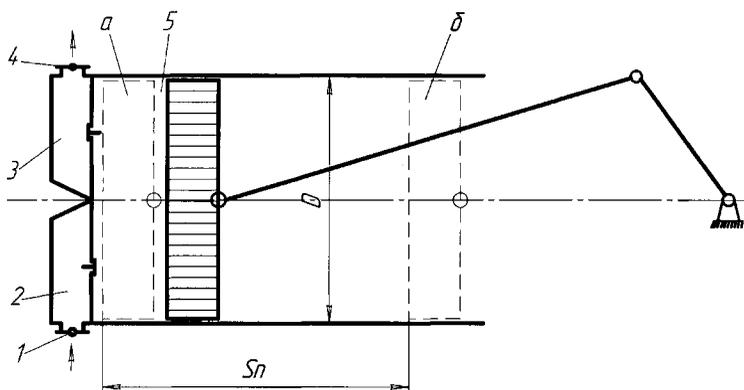


Рисунок 2.3.2.4 Поршневой компрессор:

- 1 – стандартная точка всасывания; 2 – полость всасывания;
 3 – полость нагнетания; 4 – стандартная точка нагнетания;
 5 – рабочая полость цилиндра

Накопленные знания и опыт холодильной техники обеспечили появление новых типов компрессорного оборудования – спиральных компрессоров. Спирали – это кривые, закручивающиеся вокруг точки на плоскости (архимедова, гиперболическая, логарифмическая) или вокруг оси (винтовая линия). В настоящее время спиральные компрессоры вытесняют другие типы машин (особенно поршневые) с рынка холодильного оборудования. Это обусловлено тем, что они более надежны в эксплуатации, содержат на 40% меньше деталей, чем поршневые, производят меньше шума и имеют больший ресурс эксплуатации.

Принцип работы спирального компрессора основан на орбитальном движении подвижной спирали и сжатия хладагента путем уменьшения замкнутого объема. Хладагент, захватываемый из периферии спиралей, сжимается порциями и движется к центру, достигая максимального давления при смыкании спиралей, и выталкивается через отверстие стационарной спирали (рис 2.3.2.5).

Цикл всасывания совершается за один оборот вала компрессора. Цикл сжатия и выталкивания паров хладагента длится 2–3 оборота в зависимости от угла закрутки спирали и размера окна нагнетания. Конструкции спиральных компрессоров требуют высокой точности и чистоты поверхности спиралей, прецизионного станочного оборудования и соответствующей оснастки.

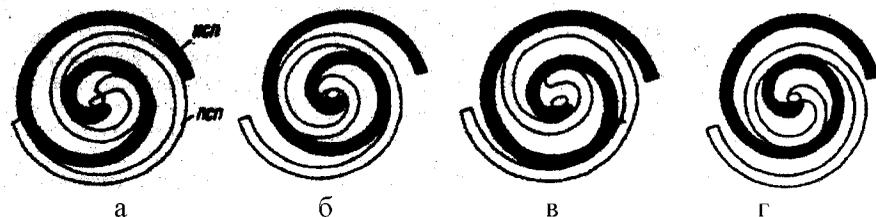


Рисунок 2.3.2.5 Перемещение подвижной спирали по круговой орбите:
 а) $\varphi = 0^\circ$; б) $\varphi = 90^\circ$; в) $\varphi = 180^\circ$; г) $\varphi = 270^\circ$; НСП – неподвижная спираль; ПСП – подвижная спираль

Следующим за компрессором основным узлом холодильной установки является конденсатор. В конденсатор поступает газообразный хладагент с температурой около 80°C при давлении 0,8 МПа. При этом давлении температура конденсации хладагента составляет $40\text{--}50^\circ\text{C}$.

В конденсаторе газообразной хладагент охлаждается ниже температуры конденсации. Для этого трубки с газообразным хладагентом охлаждаются водой или воздухом с температурой около $20\text{--}25^\circ\text{C}$.

Перегрев паров снижается при постоянном давлении. Затем появляются первые капли жидкости. Далее молекулы газа продолжают конденсироваться, и появляется все больше и больше жидкости, остается все меньше и меньше паров. После конденсации всего хладагента, жидкость под действием воздуха, охлаждающего конденсатор с помощью вентилятора, продолжает охлаждаться.

Жидкий хладагент с температурой около 20–25°C после конденсатора, попадая в испаритель с давлением 0,15 МПа, будет кипеть в любом случае. Это обусловлено тем, что при давлении 0,15 МПа хладагент кипит даже при отрицательной температуре. Поэтому, имея собственную температуру 20–25°C, он начинает кипеть и стремится снизить свою температуру до температуры кипения.

Если снаружи имеется теплоприток, то кипение становится более интенсивным. Однако если теплоприток снаружи малый, то до компрессора может выкипеть только часть хладагента.

Это недопустимо, потому что в компрессор не должен попадать жидкий хладагент. Следовательно, при малых теплопритоках терморегулирующий вентиль должен впускать малое количество жидкого хладагента в испаритель.

Так происходит, например, если испаритель находится в среде с хорошо охлажденным молоком или водой. С другой стороны, при больших теплопритоках и малом количестве хладагента в испарителе хладагент быстро выкипает. В дальнейшем в испарителе происходит процесс нагрева образовавшихся насыщенных паров хладагента. Поэтому малое количество хладагента поглощает мало теплоты. Процесс охлаждения идет медленно.

На основании рассмотренных явлений можно сделать вывод, что количество впускаемого терморегулирующим вентилем хладагента в испаритель тем больше, чем выше температура охлаждаемой среды. При этом хладагент до того, как покинуть испаритель, должен полностью выкипеть и иметь температуру на несколько градусов выше температуры кипения.

Для выполнения этого требования в отечественных терморегулирующих вентилях подача хладагента регулируется термобаллоном (позиция (9) на рисунке 2.3.2.6а). Термобаллон поддерживает постоянную разность между температурой хладагента на выходе из испарителя и температурой кипения хладагента (то есть перегрев пара).

Обычно указанная разность температур поддерживается на уровне 5°C. Терморегулирующие вентили могут иметь переменное или постоянное сечение отверстия клапана.

К вентилям с переменным гидравлическим сопротивлением относятся вентили с внутренним или внешним выравниванием и пилотные вентили.

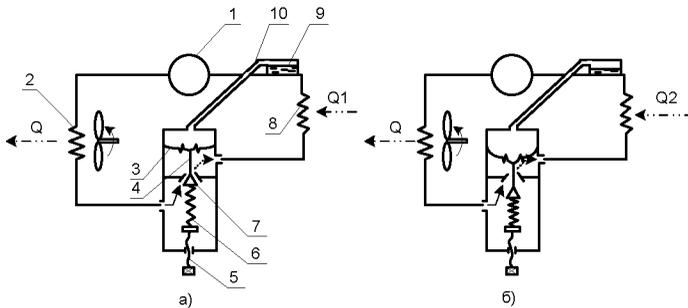


Рисунок 2.3.2.6 Термовентиль с внутренним выравниванием:

а) тепловая нагрузка средняя (1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – мембрана; 4 – шток; 5 – винт; 6 – пружина; 7 – клапан; 8 – испаритель; 9 – термобаллон; 10 – капиллярная трубка); б) тепловая нагрузка большая ($Q_1 < Q_2$)

Терморегулирующие вентили с внутренним выравниванием применяют в основном только в малых холодильных системах при температуре кипения выше -30°C , где сопротивление движению хладагента в приборе охлаждения невелико (падение давления в приборе охлаждения). В таких вентиле испаритель, как правило, короткий и давление от испарителя до компрессора почти одинаковое. Как видно (рис. 2.3.2.6а), температура хладагента в испарителе на определенной длине остается постоянной.

Часть жидкого хладагента, поступившая в испаритель, превращается в пар при низком давлении (рис. 2.3.2.6б) и температура оставшейся жидкости снижается до -15°C . При дальнейшем движении по трубопроводу испарителя концентрация пара увеличивается при постоянном же давлении, а температура остается постоянной до тех пор, пока не выкипит весь жидкий хладагент.

Затем насыщенный пар начинает перегреваться. Степень перегрева пара фиксируется термобаллоном. Температура термобаллона является причиной величины давления в управляющей линии (рис. 2.3.2.6б, позиция (3)). Изменение тепловой нагрузки изменяет длину выкипания хладагента и степень перегрева. Результатом этого является изменение перепада давления кипения в испарителе и термобаллоне.

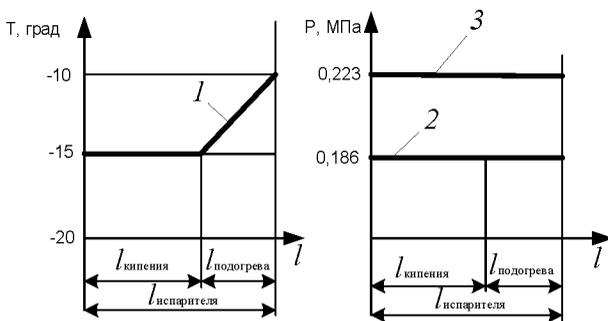


Рисунок 2.3.2.6 Изменение температуры хладагента (1) и давления в испарителе (2) и термобаллоне (3)

Холодильные машины, имеющие испарители значительной длины (например, низкотемпературные установки), характеризуются большими гидравлическими сопротивлениями контура. В таких испарителях давление хладона на выходе ниже, чем на входе. Обеспечить требуемое открытие клапана можно только при увеличении перегрева, то есть при уменьшенном заполнении испарителя, что снизит производительность установки. Поэтому в таких холодильных машинах, имеющих испарители, в которых падение давления более $0,2 \cdot 10^5$ Па, применяют терморегулирующие вентили с внешним выравниванием (рис. 2.3.2.7). В их корпусе устанавливается диафрагма, благодаря которой под мембрану подается давление не со стороны входа, а со стороны выхода испарителя – по уравнительной трубке. Поскольку давление на выходе более низкое, то перепад давлений на мембрану при этом же значении перегрева (5°C) больше и заполнение испарителя становится более полным. Как видно (рис. 2.3.2.7а), температура хладагента в испарителе с внешним выравниванием на определенной длине является переменной. Часть жидкого хладагента, поступившая в испаритель, превращается в пар при низком давлении, составляющем 0,186 МПа (рис. 2.3.2.7б) и температура оставшейся жидкости снижается до -15°C . При дальнейшем движении по трубопроводу испарителя концентрация пара увеличивается при переменном давлении. Снижение давления до 0,166 МПа обусловлено величиной гидравлических потерь. Температура кипения хладагента также снижается до -18°C . Затем насыщенный пара начинает перегре-

ваться при постоянном давлении 0,166 МПа (рис. 2.3.2.7в, позиция (2)). Степень перегрева пара фиксируется термобаллоном. Температура термобаллона является причиной величины давления в управляющей линии (рис. 2.3.2.7в, позиция (3)).

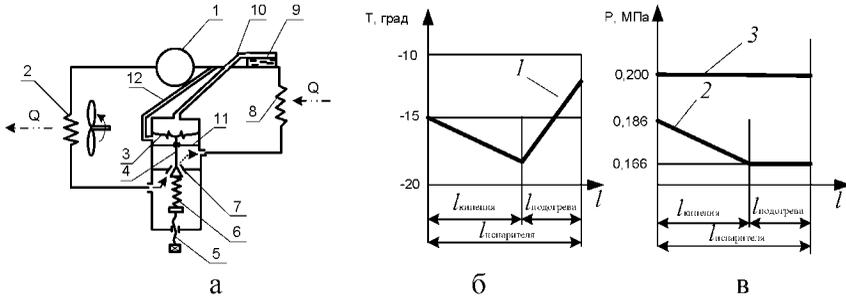
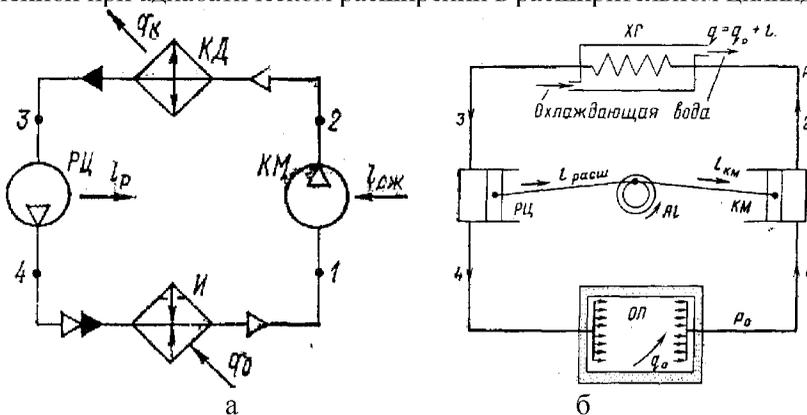
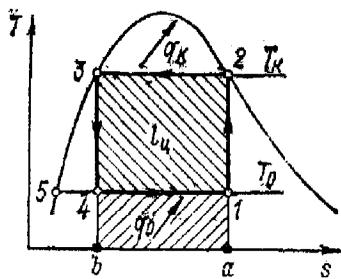


Рисунок 2.3.2.7 Термовентиль с внешним выравниванием:

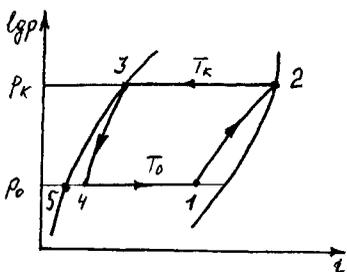
- а) схема (1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – мембрана; 4 – шток; 5 – винт регулировочный; 6 – пружина; 7 – клапан; 8 – испаритель; 9 – термобаллон; 10 – капиллярная трубка; 11 – перегородка; 12 – трубка уравнивающая; б) изменение температуры хладагента; в) изменение давления (1 – температура в испарителе; 2 – давление в испарителе; 3 – давление в термобаллоне)

Для получения низких температур в холодильных установках используют адиабатное расширение сжатого хладагента (рис. 2.3.2.8). Работа, затраченная в компрессоре, частично компенсируется работой, полученной при адиабатическом расширении в расширительном цилиндре.





В



Г

Рисунок 2.3.2.8 Термодинамические схемы холодильной установки: а) схема принципиальная; б) схема конструктивная; в-г) диаграммы

Однако по эксплуатационным и инженерным соображениям при создании холодильных машин приходится вносить практические изменения в теоретический цикл, основными из которых являются замена расширительного цилиндра регулирующим вентилем, охлаждение жидкости перед регулирующим вентилем и всасывание в компрессор сухого пара. Практические сложности создания детандера, работающего на влажном паре с малым паросодержанием, а также малая величина работы детандера в сравнении с работой компрессора привели к необходимости замены расширительного цилиндра регулирующим вентилем. Обратимый процесс 3–5 адиабатного расширения влажного пара заменен необратимым дросселированием 3–4 (рис. 2.3.2.9). По завершении процесса 3–5 хладагент является влажным насыщенным паром (точка 5), и от него отведена работа расширения $l_p = i_3 - i_5$. В случае дросселирования работа расширения не отводится от потока, а превращается в теплоту трения, увели-

чивает паросодержание потока в конце процесса 3–4 по сравнению с процессом 3–5, снижая холодопроизводительность (Δq_0).

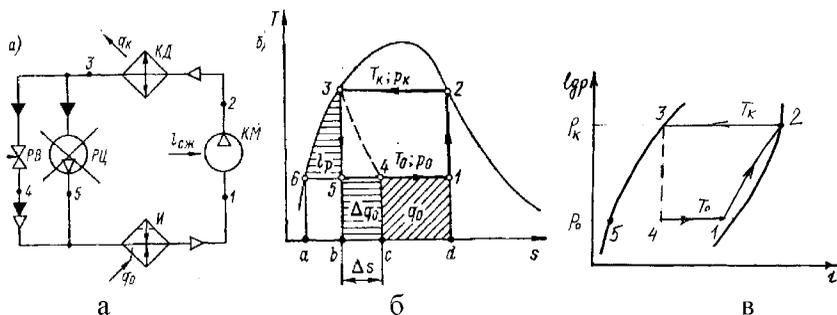


Рисунок 2.3.2.9 Схемы установки с регулирующим вентилем:
а) схема; б) $T - s$ диаграмма; в) $\lg p - i$ диаграмма

На величину дроссельных потерь оказывают влияние свойства холодильных агентов. Удельные теплоемкости жидкости и насыщенного пара определяют наклон пограничных кривых в $T - s$ диаграмме (рис. 2.3.2.10а). Чем меньше удельные теплоемкости, тем круче пограничные кривые. Наклон левой пограничной кривой обуславливает величину площади $3' - 5' - 6'$, представляющей собой работу расширительной машины в цикле с адиабатным расширением рабочего вещества. Эта площадь в цикле с регулирующим вентилем соответствует дроссельным потерям, так как площадь $3' - 5' - 6'$ равновелика площади $b' - 5' - 4' - c'$, а также представляет собой увеличение работы цикла вследствие замены детандера на дроссельный вентиль. Теплота парообразования аммиака выше, чем хладагента $R12$. Относительные дроссельные потери хладагентов Δq с высокими значениями теплоемкости меньше при одинаковых температурах кипения и конденсации (рис. 2.3.2.10б).

Для сокращения необратимых потерь при дросселировании применяют переохлаждение жидкости перед регулирующим вентилем (рис. 2.3.2.11). Понизить температуру жидкого хладагента можно как в самом конденсаторе, так и с помощью холодной (артезианской) воды в специальных противоточных охладителях. Охлаждение жидкого хладагента перед регулирующим вентилем всегда снижает поте-

ри от дросселирования. Целесообразность применения каждого из способов снижения дроссельных потерь требует оценки экономической эффективности.

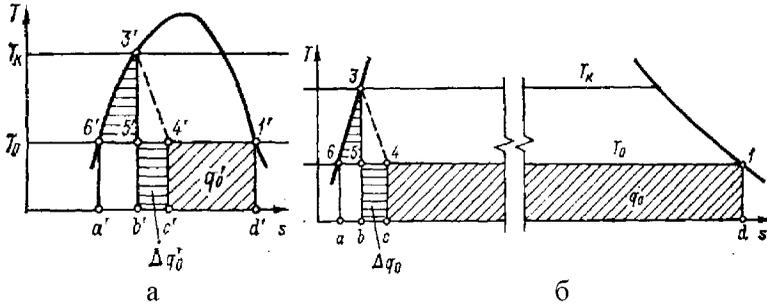


Рисунок 2.3.2.10 Процессы дросселирования: а) R12 ; б) R717

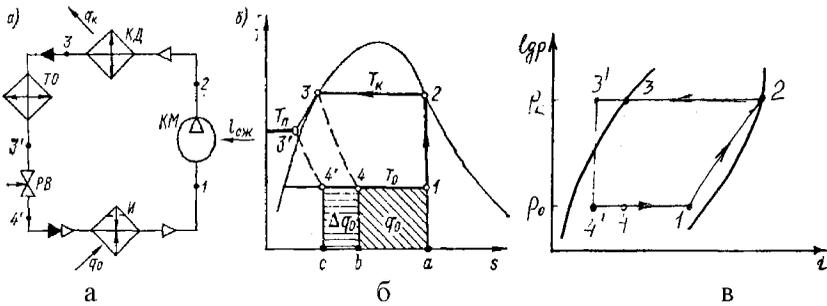


Рисунок 2.3.2.11 Установка с переохлаждением жидкости:
а) схема; б) $T - s$ диаграмма; в) $\lg p - i$ диаграмма

В реальных условиях компрессор работает «сухим ходом» (рис. 2.3.2.12), то есть всасывает сухой насыщенный пар (точка 1), а чаще перегретый (точка 1''). Процесс сжатия 1–2 происходит в области перегретого пара. При сухом ходе компрессора (рис. 2.3.2.12а) увеличивается холодопроизводительность цикла, но вместе с тем увеличивается и работа цикла, которая больше, чем в цикле Карно (треугольник $d - 2 - 2'$). Таким образом, в теоретическом цикле переход к сухому ходу компрессора с термодинамической точки зрения невыгоден, а его применение обусловлено требованиями безопасной

эксплуатации компрессора. Действительно, при работе компрессора влажным ходом попадание жидкости в цилиндр компрессора может привести к аварии – гидравлическому удару. В реальных холодильных установках для обеспечения сухого хода в схемах предусматривают специальный аппарат – отделитель жидкости. Снижение эффективности цикла с перегревом пара зависит от разности температур кипения и конденсации, теплоты парообразования, изобарной теплоемкости пара и насыщенной жидкости. Эта зависимость сложная, так как термодинамические свойства взаимосвязаны (например, теплота парообразования связана с теплоемкостями пара и жидкости). Для различных хладагентов снижение эффективности от перегрева пара неодинаково. Так, для хладагента *R717* потери составляют от 3 до 11% при температуре конденсации 30°C и изменении температуры кипения от 0 до -30°C. В то же время для хладагентов *R22* эти потери при тех же условиях не превышают 3%.

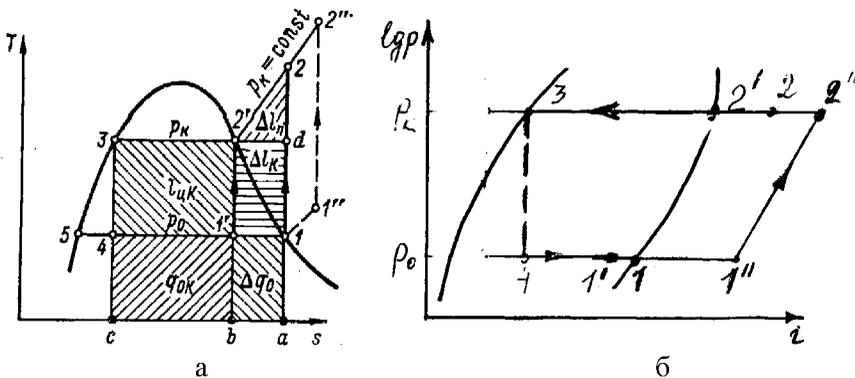


Рисунок 2.3.2.12 Холодильная установка с перегревом пара:
 а) $T - s$ диаграмма; б) $\lg p - i$ диаграмма

В реальных условиях для обеспечения безопасной эксплуатации компрессора, нормальной работы системы автоматики и оптимальных условий получения искусственного холода в компрессор всасывается не сухой насыщенный, а перегретый пар (рис. 2.3.2.13). Перегревают пар хладагента, выходящий из испарителя, а заодно и охлаждают жидкость, выходящую из конденсатора, в специальном

теплообменнике. В результате теплообмена между этими потоками жидкость охлаждается, а пар перегревается. Внутренний теплообмен в таком цикле, с одной стороны, понижает температуру перед регулирующим вентилем (точка 3' вместо 3), и, следовательно, снижает дроссельные потери и увеличивает холодопроизводительность. С другой стороны, этот теплообмен вызывает значительный перегрев пара на всасывании в компрессор (точка 1'' вместо 1'), увеличивая работу цикла и повышая температуру конца сжатия. Такие теплообменники целесообразны не для всех хладагентов. Например, для аммиака, температура сжатых паров которого достаточно высокая, перегрев паров больше чем на 5–10°C не рекомендуется. Большой перегрев пара допускается для хладагентов R22. Применение рекуперативных теплообменников для этих рабочих тел существенно увеличивает холодопроизводительность цикла при сравнительно небольших потерях от перегрева пара. Для машин, работающих на R22, охлаждение жидкости за счет перегрева пара не только термодинамически выгодно, но практически более целесообразно,

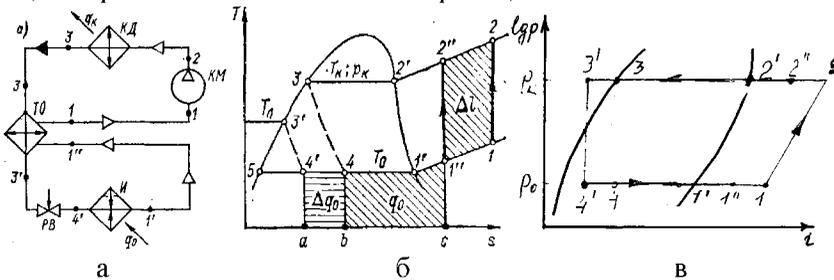


Рисунок 2.3.2.13 Холодильная установка с теплообменником:
 а) схема; б) $s - T$ диаграмма; в) $\lg p - i$ диаграмма

Работа холодильной установки протекает в условиях нестационарных процессов в ее узлах. Комплекс элементов холодильной установки определяет взаимосвязь процессов между собой. Так, равенство холодопроизводительности компрессора и испарителя (рис. 2.3.2.14) при понижающихся значениях температуры конденсации ($t_3 < t_2 < t_1$) достигается при понижающихся значениях температуры кипения ($t_{03} < t_{02} < t_{01}$).

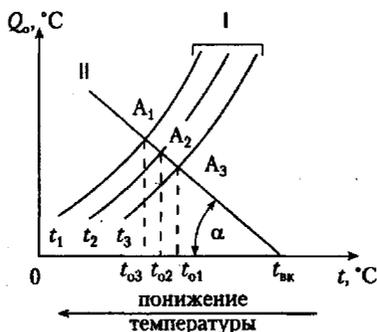


Рисунок 2.3.2.14 Самоустановление температуры кипения t_{0i} при различных температурах конденсации (t_i): *I* – характеристика компрессора; *II* – характеристика испарителя

При наличии четырех основных элементов (компрессора, конденсатора, испарителя и терморегулирующего вентиля) холодильная установка может функционировать. Однако в процессе эксплуатации могут возникнуть проблемы, решение которых возможно только при помощи вспомогательных узлов. Одно из назначений ресивера заключается в том, чтобы в точности компенсировать колебания массового расхода жидкости, обусловленные реакцией терморегулирующего вентиля на изменения тепловой нагрузки. Жидкий хладагент, поступающий из конденсатора, равномерно подается в терморегулирующий вентиль. При работе холодильной установки возможны утечки хладагента. При больших утечках возможна нехватка хладагента в системе, что приводит к снижению холодопроизводительности. Благодаря объему ресивера количество хладагента, заправляемого в систему, увеличивается.

Пример конструктивного исполнения горизонтального цилиндрического ресивера холодильной машины представлен на рисунке 2.3.2.15. Он включает стальной сосуд (2), на котором установлены два запорных вентиля (1) и два смотровых устройства. Полная заправка машины холодильным агентом соответствует уровню жидкого хладагента в пределах верхнего смотрового стекла (3). Снижение уровня хладагента в процессе работы ниже середины смотрового стекла указывает на необходимость дозаправки системы агентом. Для выброса

холодильного агента в случае аварийного повышения температуры выше 70°C на ресивере установлена плавкая пробка (5). Конструкция запорного вентиля с мембранным уплотнением представлена на рисунке 2.5.466. В корпусе (1) вентиля установлен шток (3) с конусным концом. Вверх шток перемещается под действием пружины (4), вниз - под действием шпинделя (9) при вращении его маховика (10) по часовой стрелке. Усилие от шпинделя (9) штоку (3) передается через подпятник (7) и мембрану (6), которая изолирует полость штока, сообщающуюся с системой холодильной установки, от полости шпинделя, сообщающейся с атмосферой. Мембрана уплотняется резиновыми прокладками при завинчивании гайки (5). Роль запорного устройства играет конусный конец штока (3), прилегающий к седлу, выполненному в корпусе (1). Запорный вентиль вворачивается в штуцер ресивера, соединяется с трубопроводом нагнетательной линии через штуцер посредством накидной гайки (2).

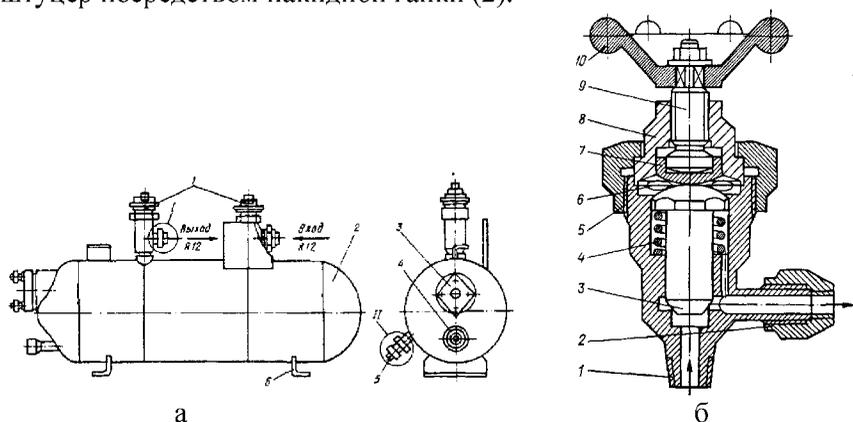


Рисунок 2.3.2.15 Ресивер:

а) общий вид (1 – вентиль; 2 – сосуд; 3, 4 – смотровое стекло; 5 – плавкая пробка; 6 – лапа); б) вентиль (1 – корпус; 2, 5 – гайка; 3 – шток; 4 – пружина; 6 – мембрана; 7 – подпятник; 8 – крышка; 9 – шпиндель; 10 – маховик)

В процессе эксплуатации (при замене узлов холодильной установки или при заправке хладагента) возможно попадание в систему влаги или механических примесей (окалины, ржавчины, опилок). Для фильтрации хладагента применяется фильтр-осушитель. Он устанавливается

ливается, как правило, после ресивера. Типичная конструктивная схема фильтров-осушителей для улавливания механических примесей и влаги приведена на рисунке 2.3.2.16а. Сжиженный хладон из ресивера поступает в сетчатый фильтр, в котором улавливаются наиболее крупные механические примеси.

Фильтрующим элементом осушителей является проволочная сетка из фосфористой бронзы и замши толщиной до 2 мм. При дальнейшем движении хладон очищается от влаги, которая адсорбируется зернами силикагеля. Адсорбентом фильтров-осушителей служит гранулированный силикагель с величиной зерен от 3 до 5 мм. Его поглощающая способность составляет от 10 до 40% влаги от массы силикагеля.

Более целесообразным для этой цели является синтетический натриевый цеолит, поглощающая способность которого в 2,5 раза выше, чем у силикагеля. Как видно из рисунков, принцип очистки холодильного агента от примесей и влаги во всех устройствах один. Отличаются они только конструктивно ввиду различных компоновочных решений каждой холодильной машины и установки.

Для повышения экономичности и предотвращения попадания жидкого хладагента из испарителя в компрессор современные холодильные установки оснащаются теплообменником, позволяющим увеличить холодопроизводительность на 12–14%. Он устанавливается после фильтра осушителя перед терморегулирующим вентилем в линии высокого давления. В нем происходит теплообмен между жидкостью, поступающей из фильтра-осушителя к терморегулирующему вентилю, и паром, поступающим из испарителя к компрессору. Проходя через теплообменник, холодный всасываемый пар поглощает теплоту от жидкости и перегревается, а жидкость при этом переохлаждается.

Переохлаждение жидкости является положительным процессом, так как снижает дроссельные потери. Перегрев пара перед компрессором необходим для безопасной работы компрессора, хотя и приводит к увеличению работы сжатия, повышению конечной температуры нагнетания и увеличению тепловой нагрузки на конденсатор. Кроме того, для компрессоров, работающих на хладонах, выгодно поддерживать более высокую температуру перегрева, так как это уменьшает объемные потери и повышает холодопроизводительность компрессора. Устройство типичного теплообменника холодильной машины приведено на рисунке 2.3.2.16б.

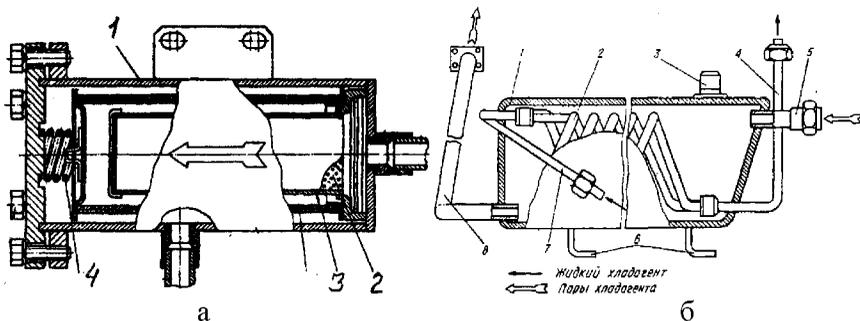


Рисунок 2.3.2.16 Конструктивные элементы холодильного контура:
а) фильтр (1 – корпус; 2 – силикагель; 3 – фильтр сетчатый; 4 – пружина); б) теплообменник (1 – обечайка; 2 – змеевик; 3 – штуцер; 4, 7 – трубка; 5, 8 – труба; 6 – лапы)

Работа холодильных установок в автоматическом режиме и их защита от аварийных ситуаций обеспечивается приборами автоматики, к которым относятся: датчик-реле температуры, датчики-реле давления, реле контроля смазки. Основным управляющим прибором холодильной установки является реле давления. Оно предназначено для поддержания заданного давления в холодильном контуре установки путем включения или выключения компрессора. Прибор состоит из блоков низкого и высокого давления (рис. 2.3.2.17). При увеличении давления во всасывающей линии выше допустимого уровня сильфон сжимается и, преодолевая усилие пружин, поворачивает рычаг и включает электропривод. Если во время работы холодильной установки давление в нагнетательной линии возросло сверх допустимого, сильфон высокого давления сжимается и через толкатель поворачивает рычаг против часовой стрелки, выключая электропривод.

Датчики-реле всасывания выключают компрессор при понижении давления паров хладагента во всасывающей линии ниже допустимых пределов. Такими пределами для оборудования, работающего на хладоне-22, является давление ниже 0,1–0,25 МПа. Датчик-реле давления нагнетания выключает компрессор при повышении давления паров хладагента в нагнетательной линии выше допустимых пределов. Такими пределами для оборудования, работающего на хладоне-22, является давление выше 1,68 МПа.

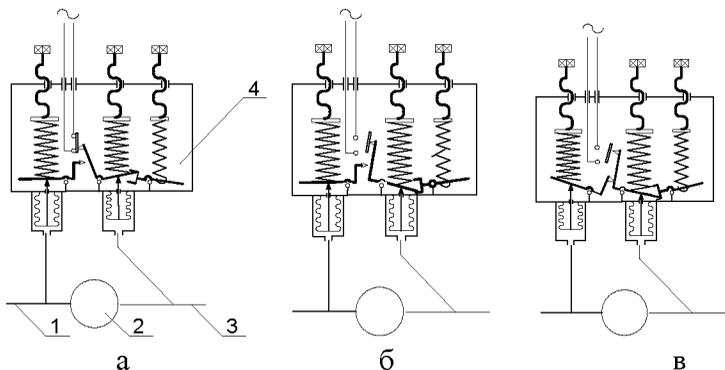


Рисунок 2.3.2.17 Принцип работы реле давления:

- а) включение (1 – трубопровод высокого давления; 2 – компрессор; 3 – трубопровод низкого давления; 4 – реле давления);
б–в) отключение*

Реле температуры в холодильных установках служит для управления процессом наморозки льда на наружной поверхности панелей испарителя и регулирования температуры хладоносителя на выходе из бака (водосборника). Эти приборы манометрического типа двухпозиционного действия включаются в цепь управления электродвигателей компрессора и вентилятора. Заморозка требуемого количества льда выключает реле температуры холодильного агрегата, а расходование запаса льда включает его. Принцип действия прибора основан на изменении давления парожидкостной смеси хладона в термосистеме прибора (рис. 2.3.2.18а) в зависимости от изменения температуры термобаллона. Повышение температуры термобаллона вызывает соответствующий рост давления хладона и, воздействуя через капиллярную трубку на сильфон, сжимает его. Толкатель сильфона воздействует на основной рычаг, стремясь повернуть его по часовой стрелке. Этому препятствует сжатая пружина, воздействующая на рычаг сверху (рис. 2.3.2.18б). Поворот основного рычага по часовой стрелке замыкает контакты включения компрессора. Усилие сжатия пружины регулируется винтом. Настройка прибора контролируется по положению стрелки шкалы. Сжатие пружины дифференциала (стрелка установлена в нижней части шкалы) усиливает противодействие повороту основного рычага по часовой стрелке. Следовательно,

замыкание контактов прибора будет соответствовать большей температуре контролируемого объекта. Узел дифференциала предназначен для установки винтом дифференциала определенной разности температур прямого срабатывания прибора (контакт при этом размыкается) и обратного срабатывания (замыкание контактов).

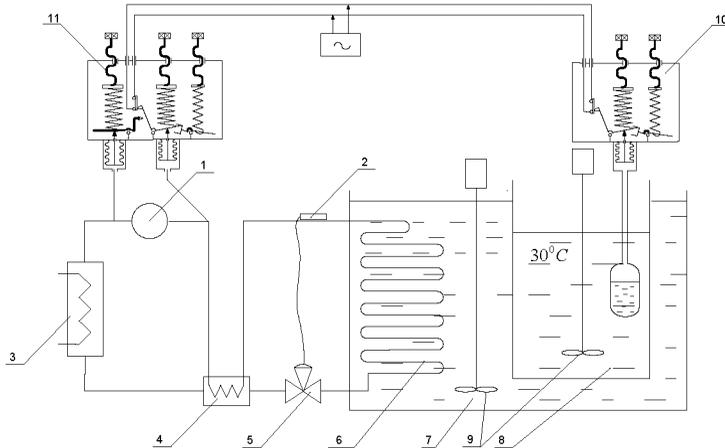


Рисунок 2.3.2.18 Термореле:

1 – компрессор; 2 – термобаллон; 3 – конденсатор; 4 – теплообменник; 5 – термовентиль; 6 – испаритель; 7 – бак водяной; 8 – бак молочный; 9 – мешалка; 10 – термореле; 11 – реле давления

Реле контроля смазки обеспечивают автоматическую защиту компрессоров от понижения разности давлений в системе смазки. Оно также контролирует разность давлений, создаваемую насосами хладагентов (рис. 2.3.2.19). При работе компрессора на сильфоны чувствительных систем прибора действуют давления, разность которых контролируется. Давление в нижней части чувствительной системы должно быть больше, чем в верхней. Контакты прибора замкнуты. Один из сильфонов (5) соединен с картером компрессора, второй – с масляной магистралью. Давление в нижнем сильфоне равно сумме давлений в картере компрессора и давления масла, создаваемого масляным насосом. Нормативная разность давлений масла удерживает контакты (14) реле в замкнутом положении. Уменьшение давления масла снижает величину усилия воздействующее на нижний сильфон (1). Он сокращается, и рычаг (2) под воздействием пружины (3) пово-

рачивается вокруг оси против часовой стрелки. Верхняя часть рычага (9) перемещается влево, увлекая за собой пружину (10). Пересечение верхним концом пружины оси поводка (12) вызывает поворот поводка вокруг оси по часовой стрелке. Поводок, воздействуя на контактную планку (13), размыкает контакты. Заданную разность давлений регулируют винтом (7). Значение установленной разности давлений указывает стрелка (5) на шкале (6). Повышение разностью давлений величины зоны чувствительности замыкает контакты. Верхний штуцер прибора обозначается знаком «-», нижний «+». Соединение импульсных трубок реле контроля смазки производится согласно данным таблицы 2.3.2.1.

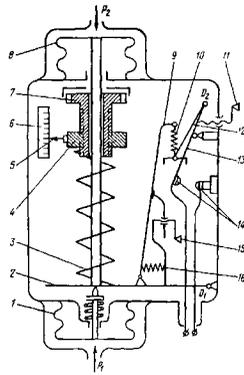


Рисунок 2.3.2.19 Реле контроля смазки:

- 1, 8 – сифлоны; 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

В качестве рабочего вещества в системах холодильных установок применяют хладагенты. Чтобы какое-то вещество могло выполнять функции хладагента, необходимо, чтобы при атмосферном давлении его температура кипения была низкой, а давление конденсации – достижимым значением. Желательно, чтобы его удельная энтальпия была значительной. В качестве первого хладагента использовалась вода. До конца XIX века использовались аммиак (R717), углекислый газ (R744) и двуокись серы (R764). Аммиак, точка кипения которого равна -33 градуса, или сернистый газ, испаряющийся при

–10 градусах, дешевы, но имеют резкий запах и ядовиты. Случайная их утечка из системы охлаждения вызывает удушающее действие. Считается, что предельная величина концентрации аммиака, например, для человека не должна превышать 25 ppm. Кроме того, как аммиак, так и сернистый газ вызывают коррозию многих металлов. Аммиак, например, химически агрессивен по отношению к меди и ее сплавов, используемых в современных холодильных установках. Поэтому этот хладагент применяется лишь в крупных промышленных холодильных установках средней и большой мощности (выше 100 кВт). Затем в 1930 году американские химики получили органическое соединение, содержащее фтор – дихлордифторметан (фреон). Его молекула представляет собой молекулу метана, в которой водородные атомы замещены: два – на атомы хлора и оставшиеся два – на атомы фтора (рис. 2.3.2.20). Фреон – хладагент. Под давлением он легко превращается в жидкость, которая испаряется уже при температуре –28°С, не имеет запаха, не ядовит и не разрушает металлы. Он не горюч, благодаря чему исключается опасность взрыва или пожара.

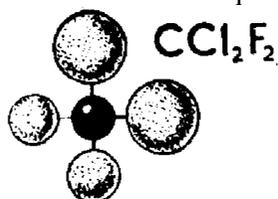


Рисунок 2.3.2.20 Молекула фреона

Ученые выявили вредное воздействие хлорсодержащих хладагентов на защитный озоновый слой Земли. Химическая стабильность молекул этих хладагентов превышает сто лет. Они не разрушаются солнечными лучами, не вступают в химические реакции и не растворяются в воде. Наиболее активные молекулы хлорсодержащего хладагента (три-пять молекул на десять миллиардов молекул воздуха) в течение одного-двух лет достигают стратосферы. Под действием ультрафиолетового излучения от молекул хлорсодержащего хладагента отрывается атом хлора, а оставшийся радикал легко окисляется, создавая молекулу оксида хлора и новый радикал. Атом хлора и молекула оксида хлора активно включаются в каталитический цикл разрушения озона [54]. Одна молекула хлора, достигшая атмосферы,

способна разрушить от десяти до ста тысяч молекул озона. Поэтому в настоящее время имеются три группы веществ – озоноопасных хладагентов (*CFC*), менее опасных фторхлорсодержащих углеводородов (*HCFC*) и группа безопасных фторуглеводородов (*HFC*). Вредное воздействие хладагентов категорий *HCFC* и *HFC* на окружающую среду гораздо слабее, чем хладагентов категории *CFC*.

Для повышения эффективности работы холодильных установок применяются теплохолодильные установки, позволяющие одновременно с выработкой холода осуществлять нагрев воды для технологических и бытовых нужд (мойка молочной посуды, молочных ванн) (рис. 2.3.2.21).

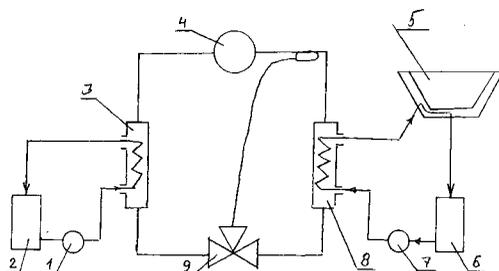


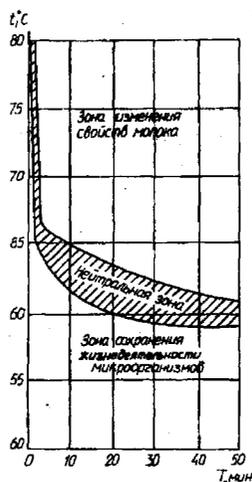
Рисунок 2.3.2.21 Теплохолодильная установка:

а) схема (1,7 – насосы; 2, 6 – баки; 3 – конденсатор; 4 – компрессор; 5 – резервуар; 8 – испаритель; 9 – термовентиль)

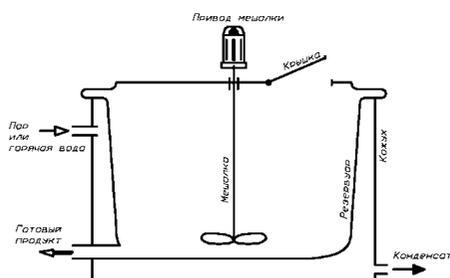
Наряду с большим содержанием неболезнетворных микроорганизмов, размножение которых ухудшает качество молока, в нем могут находиться и болезнетворные микроорганизмы, вызывающие туберкулез, ящур, тиф, дизентерию. Бактерии, находящиеся в молоке, уничтожают нагревом до определенной температуры (пастеризацией) или физическими воздействиями – облучением ультрафиолетовыми или инфракрасными лучами, радиацией, обработкой ультразвуком ($8...10 \cdot 10^3$ Гц). Наибольшее распространение при обработке молока получили (рис. 2.3.2.22) термические пастеризаторы (табл. 2.3.2.1): длительной пастеризации молока (температура $63...65$ °C с выдержкой при этой температуре в течение 30 минут); кратковременной (76 ± 2 °C с выдержкой в течение 20 секунд); мгновенной пастеризации ($85...87$ °C без его дальнейшей выдержки).

Таблица 2.3.2.1 Методы термической пастеризации молока

Наименование	Назначение, оборудование	Параметры
Мгновенная	Пастеризатор с вытеснительным барабаном П-12	85...87 ⁰ С, несколько секунд
Кратковременная	Пластинчатые автоматизированные пастеризационно-охладительные ОПФ-1	76...78 ⁰ С, 20 секунд
Длительная	Подгрев молока перед сепарированием или сквашиванием. Ванны длительной пастеризации ВДП-300, ВДП-600 и ВДП-1000	63...65 ⁰ С, 30 минут



а



б

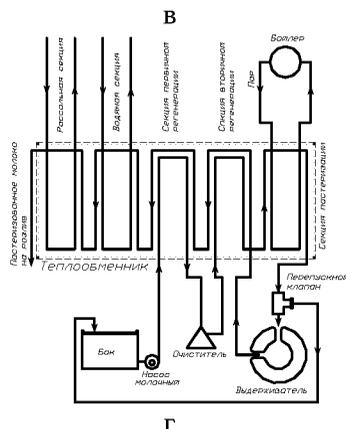
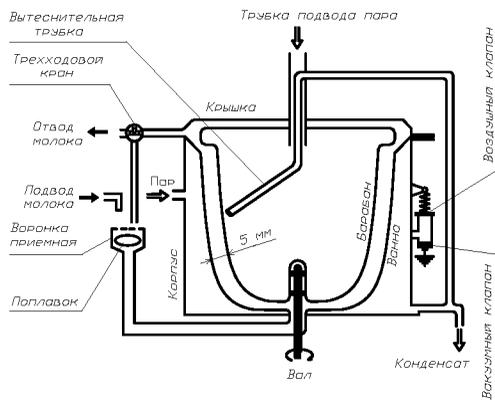


Рисунок 2.3.2.22 Схемы пастеризаторов:

а) диаграмма; б) длительная пастеризация; в) кратковременная; г) мгновенная

Технологические расчеты теплообменных аппаратов предусматривают определение кратности расхода охлаждающей жидкости и продолжительности охлаждения, площади охлаждающей поверхности и числа пластин, скорости движения хладагента и производительности (табл. 2.3.2.2).

Энергосбережение является одной из наиболее актуальных проблем в стране [62–66]. Однако внедрение энергосберегающих технологий, как показывает практика, сопряжено с дополнительными

капитальными вложениями. Поэтому, в первую очередь, следует применять способы и средства энергосбережения, при помощи которых достигаются наибольший технологический и экономический эффекты. Эта проблема в животноводстве рационально решается при определении обоснованных критериев применимости альтернативных энергетических источников на фермах.

Таблица 2.3.2.2 Расчет теплообменных аппаратов

Наименование	Аппараты		
	охладитель	пастеризатор	Регенератор
Охлаждающая или нагревающая жидкость	Холодная вода	Горячая вода или пар	Пастеризуемое и пастеризованное молоко
Площадь, м ²	$Q_m c_m t_m = Q_x c_x t_x = kF\Delta t_{cp}$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$ $F = \frac{Q_m c_m \Delta t_m}{k\Delta t_{cp}}$	$Q_m c_m t_m = Q_x c_x t_x = kF\Delta t_{cp}$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_m}{\ln \frac{t_n - t_{nm}}{t_n - t_{km}}}$ $F = \frac{Q_m c_m \Delta t_m}{k\Delta t_{cp}}$	$\begin{cases} Q_m c_m \Delta t_1 = kF\Delta t \\ \varepsilon = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_1 + \Delta t} \end{cases} =$ $F = \frac{Q_m c_m \varepsilon}{k(1 - \varepsilon)}$
Число пластин	$z = \frac{F}{f_1}$	$z = \frac{F}{f_1}$	$z = \frac{F}{f_1}$
Потребность охлаждающей жидкости в	$k = \frac{Q_m}{Q_x} = \frac{c_m \Delta t_m}{c_x \Delta t_x}$	$Q_b = \frac{Q_m c_m \Delta t_m}{(i_1 - i_2)}$	$k = \frac{Q_m}{Q_x} = \frac{c_m \Delta t_m}{c_x \Delta t_x} = \frac{t_{pm} - t_{nm}}{t_{km} - t_{vm}}$
Продолжительность процесса, с	$kF\Delta t_{cp} \tau = f_1 \Delta l \frac{z}{2} \rho_m c_m \Delta t_m$		
Скорость хладагента, м/с	$\vartheta = \frac{h}{\tau}$		
Производительность, кг/с	$Q = \vartheta b \Delta l \rho_m \frac{z}{2} = \frac{kFh\Delta t_{cp}}{c_m \Delta t_m}$		

Существенный вклад в экономию топлива может внести внедрение тепловых насосов на животноводческих фермах. Важнейшим преимуществом тепловых насосов является возможность использования для теплоснабжения потоков низкопотенциальных вторичных ресурсов и природной теплоты [62–64]. Это расширит ресурсную базу теплоснабжения, сделает ее менее зависимой от поставок топливных ресурсов, что важно в условиях дефицита и растущей стоимости органического топлива. Источниками низкотемпературного тепла на животноводческих фермах являются теплое молоко, окружающий воздух, почва и грунтовые воды. Наиболее широкое внедрение рекуперация отбросной теплоты получила на молочных фермах [65].

Теплота, отдаваемая парным молоком при его охлаждении, и отбросная компрессорной установки холодильной машины утилизируется с помощью теплового насоса (рис. 2.3.2.23). Молоко с начальной температурой 36°C поступает в пластинчатый двухсекционный теплообменник. Вода температурой 10°C, подаваемая противотоком по трубопроводу в первую секцию теплообменника, нагревается до 28°C, а температура молока падает примерно до 20°C. Затем вода по трубопроводу поступает в теплообменник теплового насоса, заблокированного с конденсатором холодильной установки, где пары хладагента, конденсируясь, нагревают ее до 55°C.

Теплая вода поступает в верхнюю половину гидроаккумулятора, и по мере необходимости расходуется на хозяйственные нужды. Молоко из первой секции температурой 20°C поступает во вторую секцию, куда от холодильной установки по встроенному трубопроводу подается противотоком «ледяная» вода температурой 1°C. Охлажденное до 4°C молоко нагнетают насосом в транспортные средства или емкости для хранения.

Вода, нагревшаяся во второй секции теплообменника до 7°C, поступает в резервуар с «ледяной» водой холодильной установки, где проходящий через испаритель кипящий хладагент отбирает теплоту, снижая температуру воды до 1°C. Таким образом, путем рекуперации отбросной теплоты молока и компрессорной установки холодильной машины без дополнительных энергозатрат получают воду для хозяйственных целей температурой 55°C в количестве 1,1 л на каждый литр охлаждаемого молока. Такие установки для рекуперации от-

бросной теплоты экономически выгодны на молочных фермах с поголовьем не менее 450 коров.

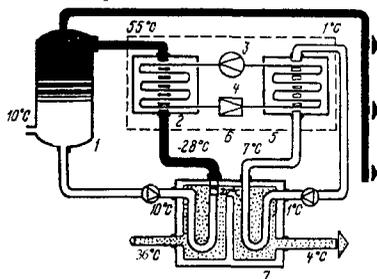


Рисунок 2.3.2.23 Тепловой насос:

1 – гидроаккумулятор; 2 – конденсатор; 3 – компрессор; 4 – клапан;
5 – резервуар с водой; 6 – тепловой насос; 7 – теплообменник; 8 – душ;
9 – подмывание вымени коров; 10 – промывка молокопровода

Практика показывает, что в тепловых установках достижимы коэффициенты преобразования от 2,2 до 3,2 в зависимости от внешних условий отопительного сезона. Коэффициент эффективности тепловой насосной установки (отношение количества тепла, переданного среде с высокой температурой, к количеству энергии, затраченной на работу компрессора) зависит от привода компрессора. При электроприводе он составляет 2,2 – 4,5, с приводом от двигателя внутреннего сгорания (при дополнительном использовании теплоты выхлопных газов от двигателя) – 5,8 – 7 [66].

Конструкция резервуаров для хранения молока должна обеспечивать малый общий приток тепла из окружающего воздуха. Вакуумная теплоизоляция обеспечивает наиболее эффективную защиту от теплопритоков [67]. Время повышения температуры молока на один градус при хранении молока в термостатированных емкостях достигает 100 часов (табл. 2.3.2.3).

Для обеспечения низкой теплопроводности вакуумируемой оболочки необходимо, чтобы длина свободного пробега молекул воздуха превышала зазор между стенками оболочки (100 мм). Тогда длина свободного пробега молекул составит порядка 6,2 метра. Высоковакуумная изоляция требует преодоления ряда трудностей. Одна из них – необходимость применения параллельно соединенных насосов (рис. 2.3.2.24). Желателен также прогрев вакуумируемой оболоч-

ки. Эти требования обуславливаются сорбционными явлениями, происходящими на внутренней поверхности оболочки.

Таблица 2.3.2.3 Энергетика термостатированного хранения молока при различных вариантах

Вариант	Тепловой поток, Вт/тонну	Время повышения температуры молока на один градус, часов	Излишние затраты энергии на поддержание требуемой температуры за период хранения (10 часов), кВтч/тонну
Резервуар с хладоновой установкой	1000	1	10
Резервуар-термостат с изоляцией при атмосферном давлении	100	10	1
Резервуар с инертным газом	50	20	0,5
Резервуар с высоковакуумной оболочкой	10	100	0,01
Резервуар с вакуумно-порошковой изоляцией	10	100	0,01

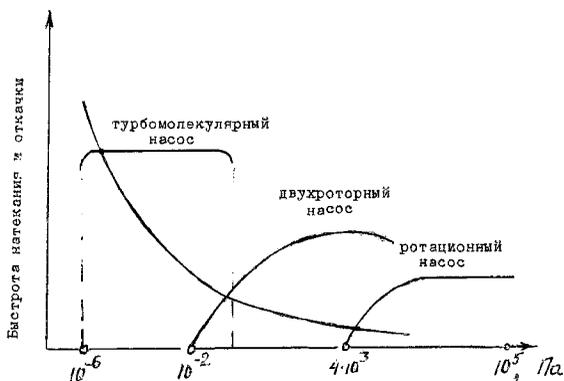


Рисунок 2.3.2.24 Условия работоспособности вакуумного агрегата: кривые скоростей откачки пересекаются; рабочие точки последующих насосов находятся внутри рабочих диапазонов предыдущих насосов

Прогрессивным методом является применение вакуумно-порошковой изоляции (рис. 2.3.2.25). Порошки тонкого помола – вспученный перлит, аэрогель, силикат кальция, газовая сажа, цианомовая земля – являются очень хорошими изоляторами. При понижении давления в пространстве, заполненном изоляционным материалом, резко снижается его эффективный коэффициент теплопроводности. Для перлита, например, он снижается с 324×10^{-6} Вт/см²С при атмосферном давлении в 10 раз при давлении 15 Па. Улучшение изоляционных свойств объясняется тем, что основная часть тепла передается излучением, а порошок является многократным экраном для этого излучения. Перечисленные выше порошки при соответствующей толщине слоя образуют эффективную преграду тепловому внешнему излучению. Распространяясь в порошках, лучистая энергия рассеивается и частично поглощается. Пространство между двумя оболочками заполняют тонким порошком изоляционного материала, после чего происходит откачка воздуха из этого пространства [68].

При этом уже не требуется такой высокий вакуум, который понадобился бы при отсутствии изоляционного порошка. Необходимое давление в вакуумно-порошковом пространстве составляет 1...15 Па, в то время как при отсутствии порошка необходимо давление 0,01...0,001 Па. В случае необходимости можно повторно откачивать межстенное пространство емкости. Поскольку тонкие порошки до некоторой степени проницаемы для теплового излучения, величину теплового притока можно уменьшить добавлением в порошок медной или алюминиевой пудры или чешуек. В этом случае эффективный коэффициент теплопроводности понизится в 10 раз. Применение порошковой изоляции связано с трудностями из-за гигроскопичности порошка. В случае попадания в изоляционное пространство материала с высокой влажностью при давлении ниже 600 Па вода превращается в лед и начинается сублимация льда. Процесс сублимации льда может быть продолжительным, поэтому при первом вакуумировании порошки должны подвергаться предварительной сушке или нагреву электричеством или паром.

Можно также продувать сухой горячий воздух через влажный порошок. Другой трудностью является сам процесс откачки воздуха из порошка. При больших объемах откачиваемой системы сопротивление прохождению газа очень велико. Откачку необходимо производить в

нескольких точках или устраивать специальные каналы. В местах откочки на вакуумных линиях следует установить фильтры, чтобы порошок при откочке не попадал в вакуумный насос.

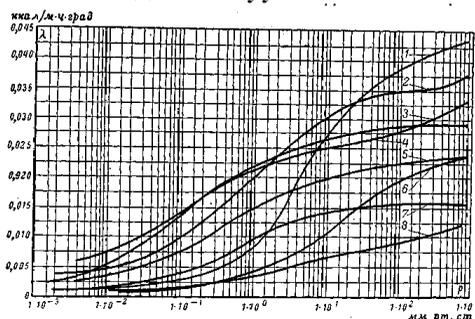


Рисунок 2.3.2.25 Теплопроводность порошковых материалов:

1 — магнезия; 2 — минеральная вата; 3 — перлит; 4 — крупноволокнистая стеклянная вата; 5 — тонковолокнистая стеклянная вата; 6 — кремнегель; 7 — мипора; 8 — силикоаэрогель [67]

В качестве изолирующего материала целесообразно применять перлит (табл. 2.3.2.4). Выбор перлита объясняется тем, что этот материал удобен технологически при заполнении межстенного пространства. Величина теплопроводности перлита при рабочем давлении 15 Па составляет примерное значение таких лучших материалов, какими являются аэрогель, кремнегель и мипора. Кремнегель дешевле аэрогеля и менее гидрофобен. Однако он имеет больший насыпной вес. Мипора обладает малым насыпным весом, но менее удобна в некоторых случаях, например, из-за своей горючести.

Вес заправляемого перлита (для емкости 2000 литров) определим по формуле

$$P = \rho \cdot V = 97 \cdot 475 \cdot 10^{-3} = 47,5 \text{ кг,}$$

где P — вес наполнителя, кг; ρ — удельный вес, кг/м³; V — объем межстенного пространства, м³.

Подставив исходные данные, получим, что для емкости 4000 литров молока требуемое количество перлита (95 кг — в два раза больше). Резервуар воспринимает внешнюю распределенную нагрузку от атмосферного давления не превышающую 100000 Па. Поэтому стенки камеры могут быть сравнительно тонкими. Основными эле-

ментами резервуара являются днище и обечайка со штуцером для от качки межстенного пространства.

Таблица 2.3.2.4 Тепловой поток между параллельными плоскостями через изоляцию различных типов (слой 15 см)

Вид изоляции	Тепловой поток, ккал/м ² ч
Аэрогель	18
Вата минеральная	45
Мипора, крошка	24
Пенополистерол	42
Высокий вакуум (остаточное давление 10-4 Па)	7,8
Перлит под вакуумом	1,4
Мипора при вакууме 6 Па	3,7
Силикоаэрогель при вакууме 6 Па	1,8
Силикоаэрогель с медным порошком при вакууме 13 Па	0,6
Многослойная прокладка из стеклобумаги при вакууме 0,1 Па	0,05

Цилиндрические обечайки получили наиболее широкое распространение. Они отличаются простотой изготовления и рациональным расходом материала. При конструировании цилиндрических обечаек независимо от технологии изготовления внутренние базовые диаметры выбирают из рядов: 400, 500, 600, 700, 900, 1200, 1400, 1600, 1800 и 2000 мм.

Стенки резервуара будут воспринимать различную нагрузку. Внутренняя стенка будет воспринимать атмосферное давление изнутри емкости и давление жидкости. Стенки ее будут подвергаться только растяжению. Поэтому расчет ее производим только на прочность.

Наружная стенка воспринимает нагрузку от атмосферного давления снаружи.

Поэтому расчет ее производим как на прочность, так и на устойчивость. Определим требуемую толщину стенки цилиндрического резервуара диаметром 2 метра.

Применив гипотезу наибольших касательных напряжений, получим следующее условие прочности и требуемую толщину стенки

$$\sigma_{iii} = \frac{pD}{2\delta} \Leftrightarrow \delta = \frac{pD}{2[\sigma_p]} = \frac{1,1 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 100} = 1 \text{ мм}$$

При расчете по гипотезе удельной потенциальной энергии изменение формы из условия прочности

$$\sigma_{iy} = 0,433 \frac{pD}{\delta} \Leftrightarrow \delta = \frac{0,433 pD}{[\sigma_p]} = \frac{0,433 \cdot 1,1 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^3}{100} = 0,866 \text{ мм}$$

Полученную толщину стенки увеличиваем на 1,1 мм с учетом ее возможного ослабления в результате коррозии. Принимаем толщину стенки 3,2 мм.

Исходя из условия прочности внутренние и наружные стенки резервуаров диаметром 1...2 метра можно выполнять 2 мм. Наружную оболочку емкости рассчитываем на устойчивость.

Потери устойчивости (внезапный рост прогибов и деформаций) может возникнуть в оболочках, если в них имеются значительные зоны, в которых действуют общие сжимающие напряжения.

При внешнем давлении в цилиндрической оболочке возникают сжимающие окружные напряжения $\sigma_e = -q \frac{r}{h}$. И, следовательно, при $q \geq q_{кр}$ в оболочке может возникнуть потеря устойчивости.

Величина внешнего давления, соответствующего потере устойчивости оболочки, определяется по формуле

$$q_{кр} = 0,92 \frac{Eh^2}{lr} \sqrt{\frac{h}{r}},$$

где E — модуль упругости; r — радиус оболочки; h — толщина оболочки; l — длина оболочки;

Приближенная модель устойчивости цилиндрической оболочки при внешнем давлении имеет вид

$$q \leq \frac{1}{[n_y]} \cdot 0,92 \frac{Eh^2}{lr} \sqrt{\frac{h}{r}},$$

где $[n_y] = 1,5 \dots 2,5$ — допускаемое значение запаса устойчивости оболочки.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.3.2.5.

Таблица 2.3.2.5 Оценка устойчивости внешней оболочки термостатированных резервуаров

Объем резервуара	1000 л	1500 л	2000 л	4000 л
Диаметр обечайки, м	1,0	1,4	1,4	2,0
Радиус обечайки, м	0,5	0,7	0,7	1,0
Толщина обечайки, мм	3	3	5	5
Длина обечайки, м	1,25	1,0	1,3	1,2
Расстояние между закрепленными контурами, м	0,62	0,5	0,65	0,6
Модуль упругости, Н/мм ²	$2 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$
Внешнее давление, соответствующее потере устойчивости, бар	4	5	4	4
Допустимое значение запаса устойчивости оболочки	2	2	2	2
Допустимое внешнее давление, бар	2,5	2,5	2,5	2,5

Повышение эффективности систем охлаждения и хранения молока должно базироваться на следующих двух принципах энергосберегающей подготовки молока в условиях фермы: а) снижение температуры охлаждаемого молока до требуемого уровня в минимально короткий период времени; б) поддержание требуемой температуры среды в которой хранится молоко в течение длительного времени без дополнительных затрат энергии.

Преимущества систем охлаждения и хранения молока: а) послойного непосредственного охлаждения молока до критической температуры в установке для мгновенного охлаждения молока: снижение времени охлаждения молока в 2...4 раза за счет исключения объемного охлаждения; исключение смешивания теплого молока с холодным, ускоряющим размножение микроорганизмов, бактерий, ухудшающих качество молока; снижение времени воздействия теплопритоков, вынуждающих периодически включать холодильный агрегат; б) вакуумно-порошковой блокировки теплопритоков при хранении молока в термостатированных емкостях: практическое отсутствие теплопритоков; увеличение противобактерицидной стойкости молока до 32 часов; расширение температурного диапазона безопасного хранения молока, позволяющего внедрить дифференцированные нормативы охлаждения молока.

2.4 Оборудование для удаления навоза

Годовой выход навоза на ферме определяют суточный выход навоза животным и их количество, а число дней в году стойлового периода. В зависимости от продолжительности стойлового периода ежегодно получают от одной свиной до 2,0 тонн твердого навоза, а от лошади и коровы – до 8,0 и 10,0 тонн соответственно. Технологический процесс уборки из животноводческих помещений включает шесть операций – чистка стойловых помещений или станков со сгребанием навоза в канавки, удаление навоза за пределы помещения и погрузка в транспортные средства, транспортировка навоза в навозохранилище или место компостирования с укладкой на хранение, погрузка и транспортировка навоза на поле и внесение в почву. Выбор технических средств удаления навоза определяют также физико-механические свойства навоза (табл. 2.4.1). Навоз состоит из твердых и жидких выделений животных, подстилочного материала, технологической воды и остатков корма. Например, свиной навоз имеет меньшую вязкость вследствие меньшего содержания в нем коллоидных веществ. Поэтому рекомендуется гидротранспортировать навоз КРС при $W > 89\%$, свиной при $W > 84\%$. После 3...4 мес. хранения эти ограничения снимаются. Расслоение навоза является его специфическим свойством. При этом жидкая фракция находится между тяжелыми и легкими слоями. Скорость расслоения зависит от влажности. Наибольшая скорость расслоения свиного навоза наблюдается при $W > 90\%$, навоза КРС – $W > 91\%$. При этом свиной навоз расслаивается через 15...30 мин, а навоз КРС – через 5...7 суток [70].

Таблица 2.4.1 Физико-механические свойства навоза

Наименование	Значение
Влажность, %	До 79 – твердый; 80 – влажный; более 94 – жидкий
Коэффициент трения	0,7...1,3 – металл; 0,6...1,2 – дерево; 0,6...1,4 – бетон
Липкость, Па	400...1300
Вязкость, Па с	0,3...7,8
Плотность, кг/м ³	470...1010
Температура замерзания, °С	1,1...2,8

По принципу действия и конструктивным решениям выделяют механические, самотечные и гидросмывные способы и технологии удаления из навоза [70]. Наиболее просто устроены транспортеры типа ТСН. При уборке навоза скребковым транспортером с выводом наклонной части наружу (рис. 2.4.2а) возле каждой установки устанавливается тракторный прицеп. Загрузка прицепа длится не менее 25...30 минут.

Причем ведется небольшими порциями. Поэтому зимой при температуре минус 20^о навоз при погрузке сильно охлаждается и примерзает к дну и бокам кузова. Это затрудняет его выгрузку, приводит к недоиспользованию емкости транспорта и снижает производительность на очистке кузова.

Выгрузка же навоза на землю около животноводческого помещения и отгребание его от здания бульдозером (рис. 2.4.2б) создает на фермах антисанитарное состояние, так как навоз буртуют в непосредственной близости от животноводческого помещения. Буртов обычно получается столько, сколько помещений. Работа бульдозера зимой затрудняется смерзанием навоза, а весной – липкостью пастообразной массы, образованной из твердых и жидких выделений животных, подстилки, атмосферных осадков и земли. В зимнее время цепь со скребками примерзает к днищу и стенкам наклонного желоба, что требует особого ухода и постоянного наблюдения за машиной. Дополнительные устройства в виде утепляющих козырьков, а также обдувание подогретым воздухом не дают положительных результатов.

Использование утепленных тамбуров (рис. 2.4.2в) создает для работы транспортера наилучшие условия. Однако такая схема требует дополнительных капитальных вложений на устройство тамбура с обогревом. Уборка горизонтальным транспортером со сбросом навоза в навозосборную яму и перегрузкой в транспортные средства бадьей на тельфере (рис. 2.4.2г) не гигиенична и вызывает неудобства при погрузке. Кроме того, навоз здесь необходимо дополнительно разжижать водой.

В ряде хозяйств вместо наклонного скребкового транспортера устанавливают планчатый транспортер (рис. 2.4.2д), однако такая схема уборки навоза по эксплуатационной надежности почти не отличается от схем, изображенных на рис. 3.2а–б. Схема уборки с применением на погрузке навоза ковшового погрузчика НПК-30

(рис. 2.4.2е) способствует лучшему использованию горизонтального скребкового транспортера (так как навоз подается в бетонированную яму емкостью 20...30 м³), погрузчиков и транспортных средств. Такая схема хорошо работает лишь при получении на ферме полужидкой и жидкой консистенции навоза.

Некоторые хозяйства навоз из навозосборной ямы выкачивают с помощью передвижной вакуумной цистерны (рис. 2.4.2ж). Такая схема подходит только для жидкого навоза и при наличии мелко измельченной подстилки.

На некоторых фермах навоз горизонтальным транспортером сбрасывается в керамическую трубу диаметром 500 мм и с помощью воды транспортируется в навозосборную яму (рис. 2.4.2з). Из ямы навоз выкачивается вакуумной цистерной. Такая схема эффективна только при содержании скота без подстилки или при наличии на ферме мелкоизмельченной соломы. В отдельных хозяйствах для выкачки навоза из бетонированной ямы применяют приподнятую вакуумную цистерну, из которой самотеком навоз загружают в транспортные средства (рис. 2.4.2и). Схема хорошо работает только на жидком навозе. Вакуумную цистерну необходимо устанавливать в утепленном тамбуре или внутри животноводческого помещения.

Последнее время для выкачки навоза стали применять различные шнеки (рис. 2.4.2к). Шнековый погрузчик имеет немало достоинств: простота устройства и ухода, удобство загрузки и разгрузки желоба, отсутствие потерь груза, занимают небольшую полезную площадь. Однако шнеки хорошо работают только на погрузке жидкого навоза. В качестве подстилки здесь нужно применять опилки или торф, а при уборке навоза разжижать его водой. Вертикальный шнек, имеющий 800...1000 об/мин. требует большой мощности для привода (10...14 кВт).

В ряде хозяйств горизонтальные скребковые транспортеры сочетают с системой пневматической транспортировки навоза прямо в навозохранилище (рис. 2.4.2л). Такая схема исключает применение мобильного транспорта и обеспечивает чистоту вокруг фермы. Некоторые хозяйства вместо наклонного транспортера применяют скиповый подъемник (рис. 2.4.2м). Он занимает малую площадь, не требует строительства особых тамбуров, исключает промерзания механизмов и навоза. Однако он требует повышенной мощности на привод.

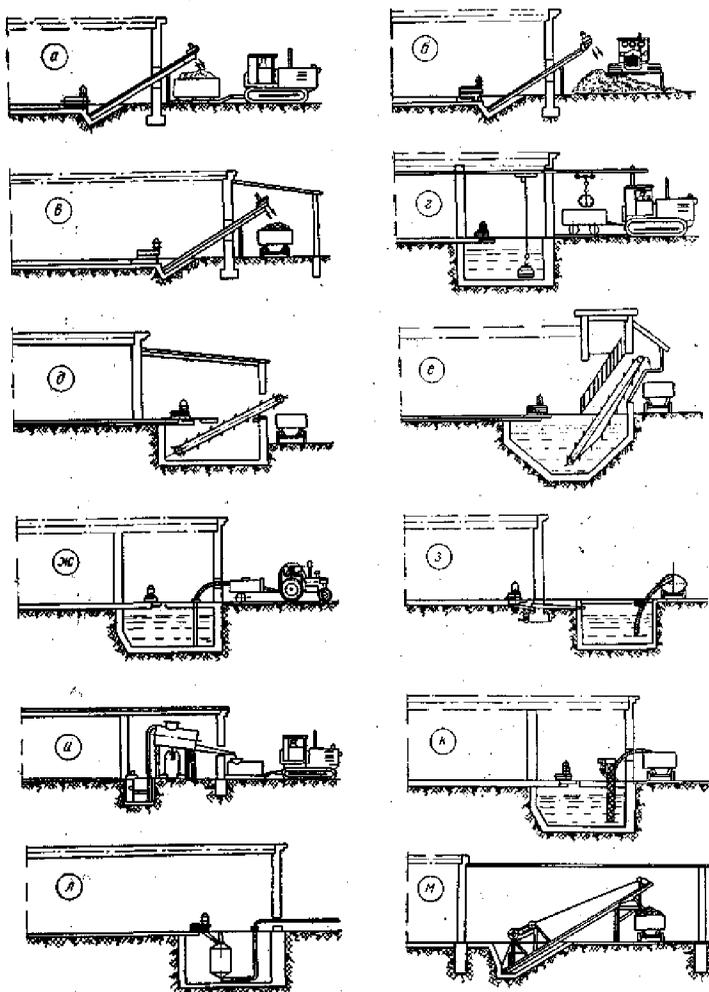


Рисунок 2.4.2 Варианты механизации уборки скребковыми транспортерами [70]

Несмотря на преимущества скребковых транспортеров перед другими механизмами, эксплуатация их связана с трудностями. Объясняются эти трудности большой металлоемкостью транспортеров, значительными тяговыми усилиями в цепях, недостаточной эксплуатационной надежностью. Например, из-за большого сопротивления

перемещаемой массы длина скребковых транспортеров не должна превышать 200 метров. Они часто выходят из строя из-за отказов скребков и тяговых цепей. По сравнению со скребковыми транспортерами кругового движения штанговые обеспечивают подачу навоза к месту выгрузки кратчайшим путем. Наличие жесткой штанги предотвращает подъем скребков, их шарнирное соединение облегчает ремонт и замену скребков. При обратном ходе скребки поворачиваются вокруг своих осей на 90° , пропуская порции навоза.

Уборка навоза внутри помещений осуществляется скреперными установками УС-15 в поперечный канал, из которого при помощи скреперной установки УС-10 он подается в сборник навоза емкостью 100 м^3 . Эти установки состоят из приводной станции с системой автоматического реверсирования, тяговой штанги и скреперов, а также высокопрочной круглозвенной цепи якорного типа. При рабочем ходе скребки захватывают порции навоза и перемещают его в сторону навозосборника на величину хода штанги. При движении штанги назад (холостой ход) скребки складываются за счет трения о пол и не перемещают навоз. При следующем рабочем ходе порции навоза продвигаются дальше и сбрасываются в навозосборник.

Канатно-скреперные установки убирают навоз из-под решетчатых полов помещений при содержании животных без подстилки и подают его в навозосборники или транспортные средства, а также транспортируют навоз в хранилища. Их рабочие органы совершают возвратно-поступательное движение. Преимущество – простота изготовления, надежность в работе, копирование неровностей дна желоба. Недостатки – сложная строительная часть. В скреперных установках применяют различные рабочие органы типа "Короб", "Стрела", "Лопатка", "Каретка". Конвейер скребковый универсальный КСУ-Ф-1 он состоит (рис. 2.4.3) из мобильной каретки (1), на которой подвешен скребок (2). Каретка передвигается на роликах (5) по направляющим (6), уложенным по обеим сторонам канала. Для исключения перегрузок узлов и деталей привода и конвейера скребки выполнены подвесными на кронштейнах (3) длиной 150 мм, причем между верхней кромкой скребка и рамой тележки образуется окно для перепуска навоза через скребок при избыточном накоплении его в навозном канале. Скребки удерживаются в рабочем положении двумя цепями (6). При включении конвейера в работу скребки транспортируют навоз в

одном направлении, при обратном холостом ходе они отклоняются и скользят по поверхности навоза, создавая минимальное сопротивление движению. Продольные шнековые транспортеры (4) с правой и левой навивкой позволяют перемещать навоз в поперечный канал, проходящий по центру свиарника. Конвейер КСУ-Ф-1 из зданий транспортирует навоз в навозосборник. Глубина продольных каналов в свиарниках 400 мм, поперечных — 800 мм, ширина верхней части продольного канала 500 мм, поперечного канала и сборного канала коллектора — 820 мм, глубина сборного канала 1500 мм.

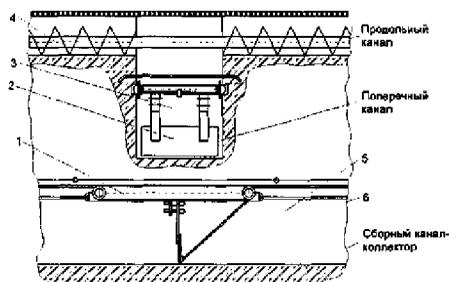


Рисунок 2.4.3 Конвейер скребковый универсальный КСУ-Ф-1 [34]:
 1 – мобильная каретка; 2 – скребок; 3 – кронштейны; 4 – транспортер шнековый; 5 – ролики; 6 – цепи

В качестве технических средств удаления навоза механическим способом используют транспортеры типов ТС, КНП, КСУ и шнеки, которые обеспечивают качественную уборку как бесподстилочного навоза, так и с подстилкой в виде опилок, торфа, измельченной соломы. Стационарные технические средства удаления навоза кругового действия типов ТС, ТСН и др. (транспортировка навоза методом волочения) характеризуются высокой нагрузкой на приводное устройство, многократным и технологически необоснованным перемещением навозной массы по свиарнику (в 2 раза превышающей длину свиарника). Взамен этих устройств разрабатываются новые технические средства, основанные на принципе порционности удаления навоза из свиарников и транспортировки его до навозосборника кратчайшим путем. Шнековые транспортеры имеют срок службы не менее десяти лет, тогда как у скребковых транспортеров и скреперных установок

фактический срок службы составляет три-пять лет. Шнековые транспортеры превосходят все технические средства для уборки навоза по такому важному показателю, как полнота его уборки [34].

На крупных животноводческих комплексах применяют, как правило, гидравлические системы удаления навоза. При этом влажность его достигает 96...98%. Перевозить такой навоз в поле мобильным транспортом (средний радиус перевозки 5...6 км) экономически невыгодно. Транспортировать по трубам ненадежно из-за наличия твердых включений. Подача жидкого навоза в навозохранилище по спускным каналам и трубам самотеком является самым экономичным способом транспортировки. Однако он может быть применен только в том случае, если рельеф местности позволяет выдержать уклон канала не менее 2,5%, то есть когда навозохранилище ниже животноводческих помещений. Гидравлические способы удаления навоза по сравнению с механическими средствами характеризуются большей долговечностью и меньшей металлоемкостью, отсутствие электроприводов и движущихся частей в самих животноводческих помещениях. Недостаток – требуется высокое качество строительных работ. Все гидравлические системы состоят из продольных и поперечных каналов, навозосборников, насосных станций и вспомогательного оборудования (шибера, заслонки и т.п.). Сечения каналов могут быть прямоугольной формы, прямоугольной формы с закруглением углов у дна радиусом 10...15 см, трапецевидной формы с овальным дном и прямоугольной формы в виде двух полуокружностей (рис. 2.4.4).

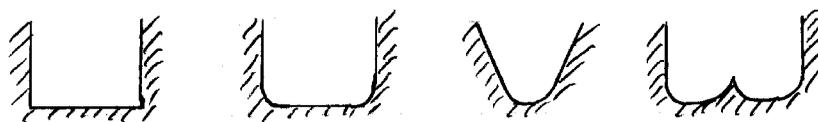


Рисунок 2.4.4 Формы гидравлических каналов навозоудаления

Различают два способа удаления жидкого навоза из помещений (смывной, самотечный). При смывной системе навоз удаляется струей воды (смывные насадки и бачки). Смывные бачки емкостью 0,5...1 м³ устанавливают в начале каждого продольного канала на высоте 2 м. Сброс воды – 2 раза в сутки. Длина продольного канала не более 40 м, поперечный канал – на 300 мм глубже продольного. Не-

достаток – большой расход воды и высокая влажность воздуха в помещении. Лотково-отстойная система удаления навоза основана на периодическом накапливании навоза в каналах и удалении его самотеком при открывании шибером и пуском воды. Каналы при этом делают с полукруглым дном и шириной по верху 60...80 см. Поперечный канал соединяют с навозосборником. Накопление навоза в каналах длится 3-4 дня. Количество воды, добавляемое в навоз, составляет 10...15 л на голову КРС и 1...1,5 л на свинью. Недостатки: сильная загазованность помещения во время удаления навоза из каналов и относительно большой расход воды. Рециркуляционная система повторяет лотково-отстойную с той лишь разницей, что вместо воды используется осветленная жидкая фракция из навозосборника. Эта жижа перекачивается по асбоцементным или чугунным трубам диаметром 250...300 мм.

Самотечная система удаления навоза основана на способности его течь по горизонтальной плоскости или наклонной с $i = 0,005...0,006$. В поперечном канале-коллекторе удаление навоза осуществляется смывом водой или осветленной жижой. В конце каждого продольного канала имеется порожек, шибер и гидрозатвор. Порожек необходим для нормального функционирования системы в самотечном режиме, шибер – для запуска системы, гидрозатвор препятствует проникновению газов из поперечного канала. Поперечный канал на 30...50 мм глубже продольного. Смыв – 3...4 раза в сутки. Запуск системы на самотечный режим осуществляется через 10...14 дней после постановки животных, когда уровень навоза в канале не достигает решетки на 15...20 см. скорость движения навоза – 1 см/час. Эта система требует минимального расхода воды (наливается на дно лотка до уровня порожка), но высокого качества строительства (шероховатость стенок лотков, постоянство ширины, уклон дна, фильтруемость через стенки), влажности и равномерности заполнения лотка навозом. Система работает при $W = 87...90 \%$.

Самотечную систему навозоудаления непрерывного действия следует применять в свинарниках при кормлении животных текучими и сухими кормами без использования силоса и зеленой массы. Самотечная система навозоудаления периодического действия может использоваться на всех животноводческих предприятиях при бесподстилочном содержании животных. Принципиальные технологические

решения продольных навозосборных каналов самотечных систем периодического действия показаны на рис. 2.4.5. Опыт эксплуатации таких систем показывает, что при сливе навоза осадок со дна навозного канала не смывается, и постепенно толщина слоя осадка, накапливаемого на дне канала, увеличивается.

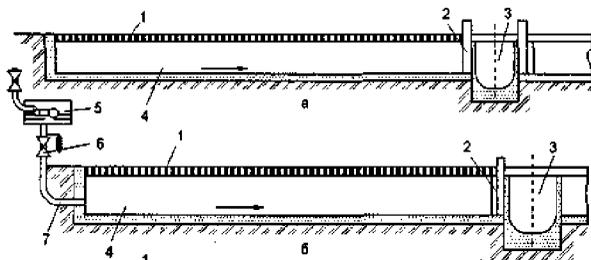


Рисунок 2.4.5. Схемы систем навозоудаления периодического действия: 1 – целевой пол; 2 – шибер; 3 – поперечный канал; 4 – продольный навозосборный канал; 5 – смывной бачок; 6 – кран; 7 – смывной патрубок

Для удаления осадка и исключения его накопления в продольных каналах применялись различные способы смыва осадка водопроводной водой. Однако это приводило к увеличению влажности и возрастанию объема навоза, а также снижению его удобрительной ценности. С целью устранения этого недостатка была разработана и внедрена секционная система удаления навоза из продольных навозных каналов (рис. 2.4.6). Принципиальным отличием самотечной системы удаления навоза секционного типа является то, что по длине навозосборных каналов устанавливаются дополнительно неподвижные поперечные перегородки, разделяющие канал на секции. Ширину зазора между дном продольного канала и перегородкой принимают равной 0,25 м у первой перегородки и 0,20 м — у остальных. Навозосборные каналы секционных систем можно прокладывать без уклона. Перегородки продольных каналов секционной системы выполняют из металла и устанавливают на расстоянии 6-9 м одна от другой. Последняя перегородка установлена на расстоянии 2-3 м от задней стенки продольного канала. Преимуществами этой системы являются сравнительно меньший расход воды для удаления навоза, независимость от технологии содержания и кормления животных и др. Недос-

татки — возможность накопления придонного осадка и образование мертвой зоны в торце последней секции навосборного канала. Для обеспечения нормальной и безотказной эксплуатации уклон дна продольных навосборных каналов принимают не менее 0,005 град. Уклон поперечных каналов в пределах здания в зависимости от размеров каналов, влажности навоза, рельефа и гидрогеологических условий должен составлять 0,01-0,3. Для периодической очистки и промывки навосприемных каналов от осадка в начальной части каналов проектные решения систем дополняют установкой трубопровода для подачи смывной воды [34].

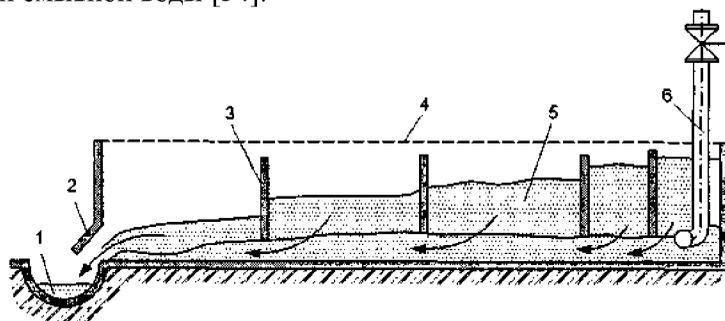


Рисунок 2.4.6 Секционная система навосоудаления периодического действия:

1 — поперечный коллектор; 2 — шиберное устройство; 3 — неподвижная поперечная перегородка; 4 — целевой пол; 5 — навосприемный лоток — поперечный канал; 6 — смывной трубопровод с подвижной

За рубежом [34] для удаления навоза из свинарников используют самосплавные системы периодического действия, принципиальная схема-фрагмент которой приведена на рисунке 2.4.7. В таких системах, называемых также «подними и отпускаяй», традиционные продольные каналы навосоудаления заменяют навосборными ваннами. Длина ванн не более 14м, ширина соответствует габаритам решетчатой части станков, глубину принимают из расчета сбора двухнедельного количества навоза (около 0,5 м). В центре каждой навосборной ванны предусмотрен приямок для сбора жижи размерами в плане 0,5х0,5 м и глубиной 0,1 м. Приямок соединен со сливным трубопро-

водом для выпуска навоза в коллектор, сливное отверстие плотно закрывается специальной пробкой. Система навозоудаления состоит (рис. 2.4.7) из навозоприемного канала, разделенного бетонными перегородками на ванны. Размеры ванн зависят от размеров и расположения станков для содержания свиней, а также от размеров панелей решетчатого пола. Ванны навозоприемного канала имеют размеры, варьирующиеся в пределах: длина 6-9 м, ширина 0,8-2,5 и глубина 0,4-0,6 м. Дно ванны выполняется без уклона. Под каждым навозоприемным каналом проложен пластиковый продольный коллектор, состоящий из пластиковых канализационных труб диаметром 200-250 мм. Навозоприемные каналы в свинарниках для содержания всех половозрастных групп свиней должны быть перекрыты панелями решетчатого типа. Каждая бетонная ванна соединена с пластиковым продольным коллектором через пластиковый тройник, находящийся в средней части ванны. Отверстие каждого тройника закрывается заслонкой пробкового типа. Вокруг каждого тройника с заслонкой имеется приямок радиусом 500 мм и глубиной 100 мм. В начале каждого продольного коллектора — воздушный клапан. Пластиковые продольные коллекторы соединяются с поперечным коллектором пластиковым переходником, отводом или тройником. Пластиковый коллектор прокладывается под навозоприемным каналом с уклоном $I = 0,0035-0,004$ в сторону поперечного коллектора или навозоприемника, находящегося за пределами свинарника [34].

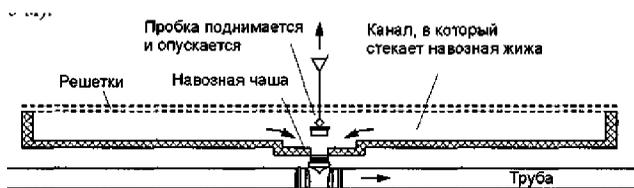


Рисунок 2.4.7 Схема навозосборной ванны системы навозоудаления

Гидросмывную систему удаления и транспортировки навоза допускается применять в исключительных случаях и только при реконструкции и расширении действующих крупных свиноводческих предприятий на 54 тыс. свиней и более в год при невозможности применения других способов и технических средств. Применение такой системы для нового строительства допускается при соответ-

ствующем обосновании и согласовании с органами государственного экологического и санитарного надзора.

Уничтожение гельминтов и инфекционных бактерий в навозе перед использованием его в качестве удобрения, особенно на полях, предназначенных для овощных и кормовых культур, и пастбищах - обязательное профилактическое мероприятие. Лучшим средством борьбы с болезнетворными микробами, вирусами, яйцами гельминтов является дезинфекция. Твердый навоз влажностью до 79 % обеззараживают биотермическим методом. В жидком навозе процесс самосогревания не происходит, и в нем долго живут возбудители заразных болезней. Если после карантинной выдержки (6...8 суток) в жидком навозе обнаруживается инфекция, навоз обеззараживается химическим, биологическим или физическим способом.

Химический способ обеззараживания осуществляется путем добавления серной кислоты или едкого натра. Добавление химических веществ применяют также для уничтожения неприятного запаха сероводорода и производных азота. Например, в Швеции применяют для этого сульфат аммония в количестве 14 кг/м³. В Финляндии используют препарат "Дуодор", состоящий из сульфата железа, биосульфата кальция и гидрокалийного метансульфата. "Дуодор" разбавляют водой и заливают в навозохранилище из расчета 1 л на 5 м³ навоза и перемешивают. Стоимость химического способа обработки высокая.

Биологический способ состоит в активизации деятельности микроорганизмов навоза, которые под действием вырабатываемых ими ферментами разлагают белки, жиры и углеводы инфицирующих микробов и используют их для роста собственной биомассы. Различают аэробные и анаэробные методы обработки в зависимости от того, какие микроорганизмы преобладают. Аэробные методы протекают при постоянном наличии в жидком навозе растворенного кислорода. Для этого жидкую навозную массу постоянно перемешивают и продувают через нее воздух. Если температура массы будет находиться в пределах 20...30 °С, процесс называется мезофильным (мезофильные аэробы преобладают), если при $t = 30...40$ °С – термофильным (преобладают термофильные аэробы). При отсутствии в массе кислорода происходит аэробное брожение, которое называют метановым. Здесь также процесс может происходить при преобладании мезофильных анаэробов (30...35 °С) и термофильных (50...55 °С).

Первый способ наиболее широко используется на фермах и животноводческих комплексах промышленного типа. Второй – при очистке промышленных и бытовых стоков [71].

Таблица 2.4.2 Утилизация навоза

Наименование	Навоз	
	Твердый	Жидкий
Удобрения	+	+
Чистая вода + удобрения		+
Кормовые добавки	Из 1 тонны экскрементов получают 200 кг живых личинок и 500 кг перегноя	Тоже

Таблица 2.4.3 Способы обеззараживания (уничтожение гельминтов и инфекционных бактерий) навоза

Наименование	Навоз	
	твердый	Жидкий
Биотермический	Влажность – 79%; Температура – 50...60 ⁰ С; Высота бурта – 2 метра; Продолжительность – 2 месяца	
Химический		Влажность 96...98%; Серная кислота или едкий натр
Термический		Температура 95 ⁰ С
Биологический		1 – аэробные микроорганизмы (продувают воздух): мезофильные аэробы (температура 30...40 ⁰ С) или термофильные аэробы преобладают; 2 – анаэробные – получают из 1 тонны навоза 50 м ³ биогаза.
Физический		Электроразряд Постоянный ток Ионизирующее излучение

Навоз должен храниться в прифермских навозохранилищах и полевых накопителях. С целью совмещения процессов карантинирования и хранения навоза прифермские хранилища секционируют. Подаче в хранилища должно предшествовать разделение стока на фракции с последующим компостированием твердой фракции и выдерживанием жидкой (рис. 2.4.8). Жидкий навоз разделяют на фракции в отстойниках-накопителях, выпариванием или механическими средствами.

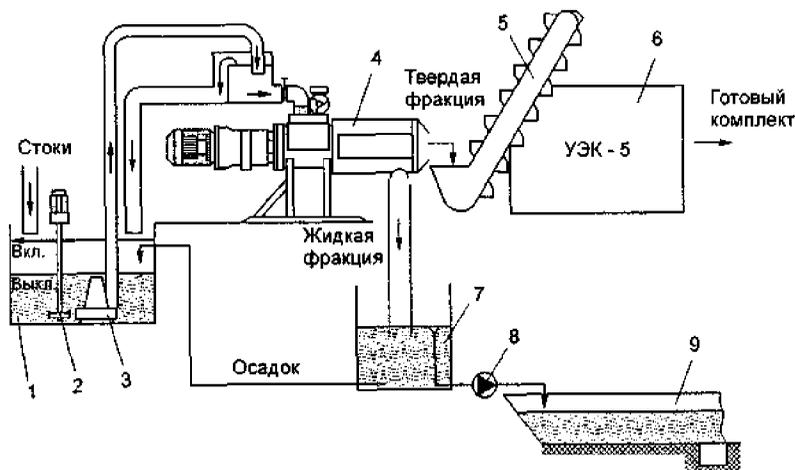


Рисунок 2.4.8 Технологическая схема подготовки к хранению и утилизации стоков свинофермы на 12, 24, 54 тыс. голов:

1 - приемная емкость; 2 — мешалка; 3 — насос-измельчитель; 4 - пресс-сепаратор (типа «РАК»); 5 - ковшовый транспортер НПК-Ф-30; 6-установка экспресс-компостирования УЭК-5 (восемь комплектов); 7 - отстойник; 8 - насос НЦИ-Ф-100; 9 - хранилище

Прямоугольные заглубленные и полузаглубленные навозохранилища шириной более 18 м и глубиной более 3 м применяют для любого вида навоза. Конструктивно прифермские заглубленные или полузаглубленные навозохранилища проектируют из бетона или железобетона с усиленной гидроизоляцией, полевые хранилища и накопители — дно из бетона, откосы из глинистого экрана с облицовкой полимерными материалами. Для хранения навоза свиноводческих предприятий разработаны проекты прифермских навозохранилищ вместимостью 600, 900, 1200 (рис. 2.4.9), 2000, 4500 и 10000 м³.

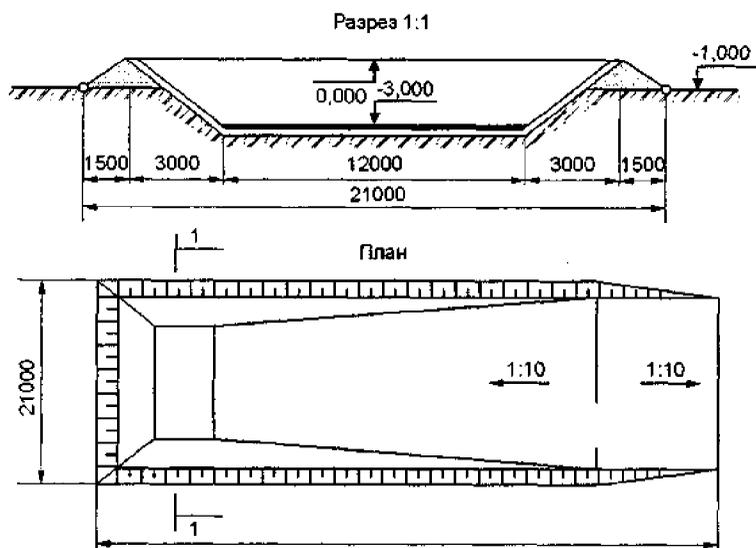


Рисунок 2.4.9 Схема навозохранилища вместимостью 600 и 1200м³

За рубежом накоплен большой положительный опыт по их проектированию, строительству и эксплуатации наземных хранилища для жидкого навоза. Это связано с ограниченностью земельных ресурсов и жесткими требованиями по охране окружающей среды. Наземные навозохранилища металлических и железобетонных конструкций, как правило, имеют круглую в плане форму. Диаметр их достигает 24 м. Высоту определяют с учетом законов статики сооружений и сроков накопления и хранения навоза. В Центральной и Восточной Европе такие навозохранилища проектируют из металла, в Скандинавских странах, в частности в Дании, — из сборного железобетона. Принципиальная схема распространенной за рубежом системы удаления и хранения жидкого навоза в наземных хранилищах приведена на рисунке 2.4.9. В соответствии с технологией жидкий навоз из помещения по системе продольных и поперечных каналов навозоудаления самотеком поступает в навозосборник, откуда его после гомогенизации перекачивают в наземное хранилище. Выгружают навоз из хранилища через сливной трубопровод в навозосборник, последний снабжают насосом — гомогенизатором с измельчителем [34].

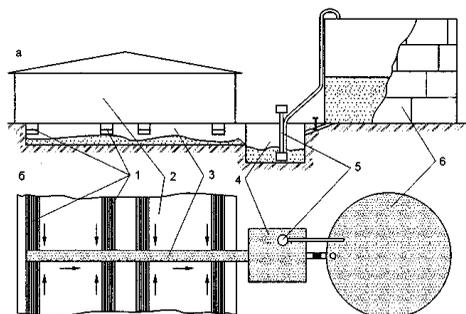


Рисунок 2.4.9 Технологическая схема системы удаления и хранения жидкого навоза в наземных навозохранилищах:

1 - продольные каналы; 2 — свиарник; 3 - поперечные каналы;
4 — навозосборник; 5 — насос; 6 - навозохранилище

Технические решения систем сбора и хранения жидкого навоза в наземных навозохранилищах предусматривают сбор исходного жидкого навоза в навозосборнике, гомогенизацию его и перекачку в резервуар наземного хранилища, периодическую гомогенизацию в резервуаре, выгрузку навоза из резервуара и перекачку в полевые накопители или погрузку на мобильные транспортные средства. Для обеспечения периодической гомогенизации жидкого навоза в наземных резервуарах и навозохранилищах используют мешалки-гомогенизаторы, устанавливаемые в резервуаре (рис. 2.4.10).

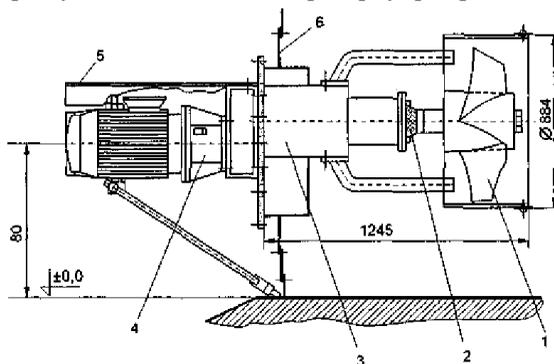


Рисунок 2.4.10 Мешалка-гомогенизатор:

1 - рабочий орган; 2 - корпус сальника; 3 — корпус мешалки; 4 — привод; 5 - гомогенизатор; 6 — стена навозохранилища

Основным требованием к проектированию и строительству навозохранилищ и накопителей является то, что их конструктивные решения должны исключать фильтрацию навоза и навозных стоков. С этой целью навозохранилища устраивают, как правило, из монолитного или сборного бетона или железобетона, пруды-накопители — из бетона, железобетона, пленочных материалов типа «бутилкаор» или их комбинаций.

В проектных решениях накопителей предусматривают систему дренажа с контрольными колодцами для наблюдения за герметичностью сооружения. Фрагмент конструктивного решения полевого накопителя (ФРГ) для жидкого навоза с пленочным покрытием дна и откосов приведен на рисунке 2.4.11.

Подают жидкий навоз или навозные стоки по трубе, которая служит также для откачки навоза. Для крепления трубы используют старые автопокрышки [34].

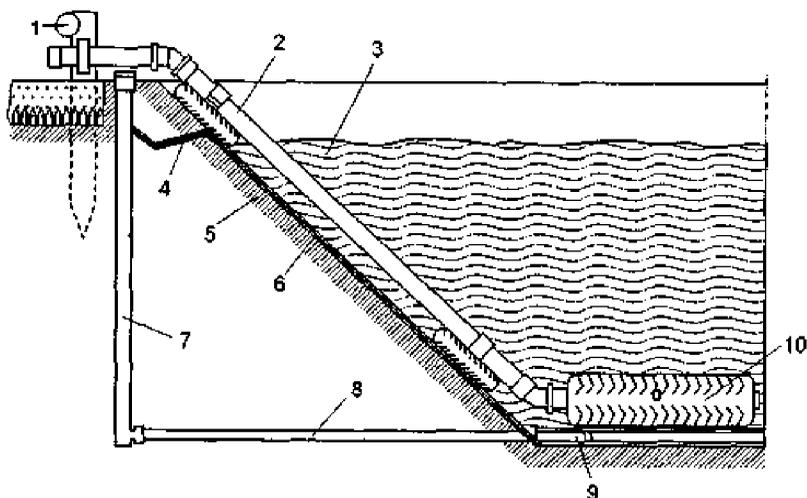


Рисунок 2.4.11 Схема накопителя навоза с пленочным экраном:
 1 - ограждающий барьер; 2 — трубопровод для навоза; 3 — уровень навоза; 4 — гидроизоляционная пленка; 5 — глинистый экран; 6 — тонкая полимерная пленка; 7 - контрольная труба; 8 - труба дренажной системы; 9 - отверстие в трубе; 10 - старая покрышка, заполненная бетоном

В отдельных случаях может быть экологически оправданным вместо длительного выдерживания использовать технологии и оборудование метанового сбраживания жидкой фракции стока.

Это позволяет наряду с ее обезвреживанием получать дополнительный источник энергии — биогаз, используемый для внутрихозяйственных целей, и сделать важный шаг к созданию энергетически независимых животноводческих предприятий (рис. 2.4.12).

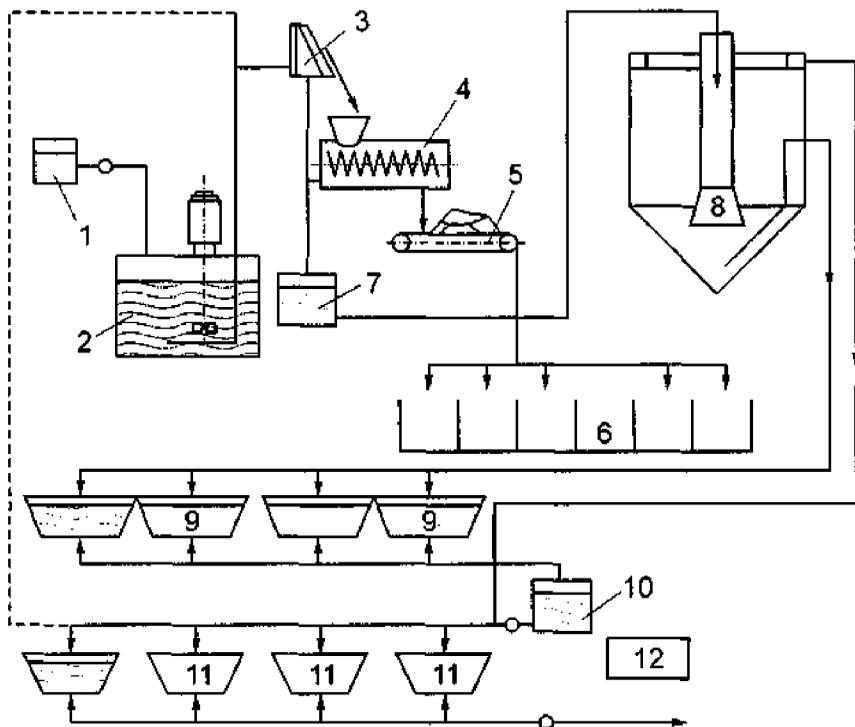


Рисунок 2.4.12 Схема подачи стоков на орошение:

1 — насосная станция; 2 — приемный резервуар; 3 — дуговое сито; 4 — пресс; 5 — транспортер ленточный; 6 — ферментационные емкости (или компостные установки); 7, 10 — промежуточные емкости; 8 — вертикальный отстойник; 9 - накопитель для осадка; 11 - накопители жидкой фракции; 12 - емкость для обеззараживания навоза химическими средствами

2.5 Оборудование овцеводческих ферм

Основой выбора и применения технических средств выполнения работ в овцеводстве являются системы содержания овец (рис. 2.5.1). Стационарные технические средства используются при стойлово-пастбищной и стойловой системах содержания овец. Мобильные средства востребованы во всех четырех системах содержания [72–75].

Наряду с системами содержания овец, комплекс технических средств механизации работ в овцеводстве определяется всей совокупностью производственных процессов в течение года (рис. 2.5.2, табл. 2.5.1).

Скармливание заготовленных кормов овцам рекомендуется производить в составе кормосмесей (за исключением сена). Для приготовления кормовых смесей используются комплекты оборудования типа КОРК-15 без оборудования линии переработки корнеплодов.

Технологический процесс кормоцефа КОРК-15-2 происходит следующим образом (рис. 2.5.3). Грубый корм в рулонах, тюках или в рассыпном виде из транспортных средств выгружается в питатель-дозатор соломы (1) линии измельчения грубых кормов (ЛИС-3) и подается к вращающимся режущим битерам-барабанам. Барабаны разрыхляют массу, предварительно измельчают её и подают на скребково-планчатый транспортёр (8).

Отсюда корм поступает на транспортёр-дозатор, который разгружает его в приёмную камеру (7) измельчителя ИСК-3. Измельчённый материал из выгрузной камеры с помощью крыльчатки отводится через выгрузную горловину и пневмотранспортёр в циклон со шлюзовым затвором (5).

Далее измельчённый грубый корм попадает в измельчитель-смеситель ИСК-3 (6) линии смешивания и выдачи кормосмеси. Силосная масса из транспортных средств выгружается в питатель-дозатор силоса (2). Из питателя-дозатора дозированный слой силоса скребково-планчатым транспортёром (8) подаётся к линии смешивания. Концентрированные корма доставляются к кормоцефу автомобильным загрузчиком ЗСК-10 и выгружаются в бункера-дозаторы концентрированных кормов (4), откуда через дозаторы подаются в винтовой транспортёр (3), а из него в линию смешивания.



Рисунок 2.5.1 Схема систем содержания и оснащения овцеводства машинами для комплексной механизации производственных процессов

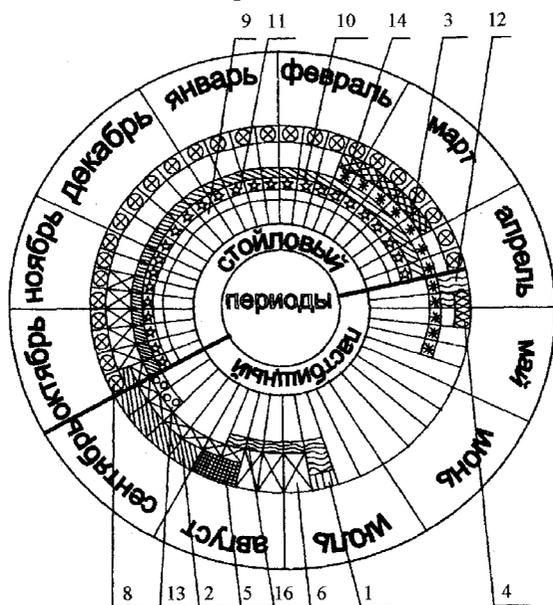


Рисунок 2.5.2 Циклограмма процессов в овцеводстве:

- 1 – формирование отар; 2 – осеменение; 3 – окот; 4 – весенняя стрижка овец; 5 – осенняя стрижка овец; 6 – нагул, интенсивное выращивание; 7 – вакцинация; 8 – кормление; 9 – микроклимат; 10 – приготовление и раздача кормов; 11 – поение овец; 12 – уборка помещений; 13 – дезинфекция помещений; 14 – искусственная подкормка ягнят; 15 – бонитировка; 16 – заготовка кормов; 17 – мечение ягнят; 18 – дегельминтизация

Дозированные исходные компоненты кормосмеси (солома или сено, силос и концкорма) вводятся в приёмную, а затем в рабочую камеру измельчителя-смесителя ИСК-3, где перемешивают и дополнительно измельчают, превращаясь в однородную кормовую массу. Готовый продукт выгрузным транспортёром из измельчителя-смесителя подаётся в кормораздатчик или другое транспортное средство. Производительность кормоцеха составляет 6...10 тонн в час. Потребная мощность – 120 кВт. На основных операциях занят один рабочий и двое – на вспомогательных операциях.

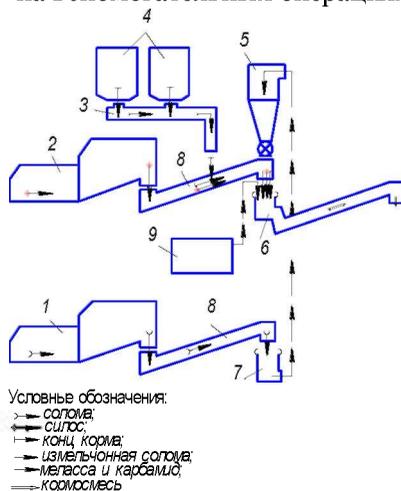


Рисунок 2.5.3 Схема комплекта оборудования кормоцеха КОРК-15-2:

- 1 - питатель-дозатор соломы; 2 - питатель-дозатор силоса;
 3 - транспортер винтовой; 4 - бункер-дозатор концентров;
 5 - циклон со шлюзовым затвором; 6 - измельчитель-смеситель ИСК-3;
 7 - измельчитель соломы ИСК-3; 8 - скребково-планчатый транспортер;
 9 - оборудование для ввода мелассы и карбамида

В овчарнях для ягнения и содержания овцематок с ягнятами раздача кормов осуществляется стационарными раздатчиками ТВК-80А и КОО-5.08 производительностью 6 и 5 т/ч соответственно. На откормочных площадках, а также внутри помещений корм раздают мобильными кормораздатчиками РММ-5 производительностью до 40 т/ч или КТУ-10А производительностью до 50 т/ч. Для раздачи рассыпных кормосмесей и стебельчатых

кормов применяют кормораздатчик РГС-5. Он предназначен для транспортирования и раздачи гранулированных кормов в кормушки с шириной кормового прохода не менее 2,6 м. Технологический процесс работы кормораздатчика РГС-5 (рис 2.5.4) происходит следующим образом. Раздатчик загружают гранулами, затем подъезжают к кормушкам. Гранулы из бункера (1) объемом 5 м³ ленточным транспортёром (6) подают в поперечный шнек (5), из которого они поступают в наклонный шнек (4) и далее через выгрузной патрубок (2) подаются в кормушку (3). Производительность кормораздатчика составляет 15 тонн корма в час. Рабочая скорость – 1...2 м/с. При транспортировке и раздаче в линейные кормушки необходим один рабочий, а при раздаче в бункерные кормушки – 2 человека. Для облегчения труда овцеводов необходимо создать системы кормления с использованием самокормушек, загружаемых один раз в 5-10 дней. С этой целью целесообразно провести сравнительные испытания самокормушек для тюков и рулонов грубых кормов, а также для крупного рогатого скота и овец (передвижные самокормушки СГК-Ф-50), а также некоторых зарубежных ферм. Кормоприготовительные и раздающие устройства целесообразно заимствовать с незначительной модернизацией из парка машин для ферм крупного рогатого скота.

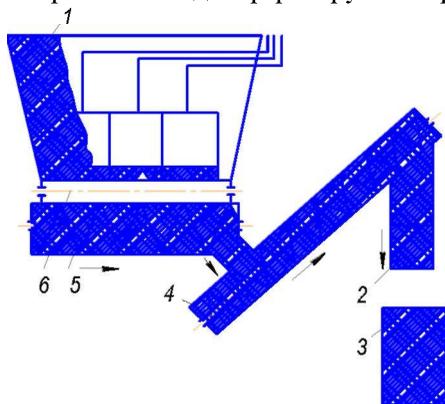


Рисунок 2.5.4 Технологическая схема работы кормораздатчика РГС-5:
 1 – бункер; 2 – выгрузной патрубок; 3 – кормушка;
 4 – наклонный шнек; 5 – поперечный шнек; 6 – ленточный транспортёр

Таблица 2.5.1 Технические средства, используемые в овцеводстве

Производственный процесс	Наименование и марка машин и оборудования
1. Заготовка грубых кормов	Комплекс сеноуборочных машин
2. Заготовка силоса и сенажа	Комплекс оборудования
3. Приготовление кормов: грубые корма, корнеклубнеплоды, концентрированные, сочные, кормовая смесь, приготовление ЗЦМ	ИГК-3,0Б; Ф-4; ИУ-Ф-10 ИКМ-Ф-10; ИКУ-Ф-10 ДБ-5; ДКМ-5,0 ИКВ-Ф-5А «Волгарь» ИСК-3,0М; ДИС-1,0М; Агрегат АЗМ-0,8.
4. Погрузка, транспортирование, раздача кормов	Погрузчики: ПСК-5; ФН-1,4; ПС-Ф-5. Мобильные раздатчики: РММ-Ф-6; КТУ-10А; КУТ-3А. Кормораздатчик ТВК-80Б; стационарный КОО-5. КУТ-3А; РСП-10А
5. Поение овец	Автопоилка передвижная групповая ВУО-3. Групповая поилка ГАО-4
6. Обогрев ягнят	Установка автоматизированная для ИК обогрева и УФ облучения молодняка ИКУФ-1 или «Луч». Источники УФ излучения (дуговые ртутные трубчатые лампы высокого давления типа ДРТ)
7. Уборка навоза	Агрегат уборки навоза АУН-10. Фреза-разрыхлитель ФЛУ-0,8. Погрузчик фронтальный перекидной ПФП-1,2; бульдозер БН-1; погрузчик-экскаватор ПЭ-0,8; погрузчики ПГ-0,2, ПФН-1,2.
8. Стрижка овец и первичная обработка шерсти	Передвижной стригальный пункт ПСП2/200 ТСХИ. Автономный мобильный стригальный пункт АМСИ-6...12/200. Переносной стригальный агрегат ЭСА-1/200. Классировочный стол СКШ-200. Шерстопресс ПГШ-1,0Б. Погрузчик кип шерсти
9. Противоклещевая обработка овец	Переносная установка для купания овец УПК-300. Передвижная установка для купания овец
10. Машинная стрижка, первичная обработка шерсти и зооветеринарные мероприятия	Передвижной стригально-купочный цех ПСКЦ-72...144/200
11. Искусственное осеменение овец	Установка для искусственного осеменения овец
12. Искусственное выращивание ягнят	Установка для приготовления ЗЦМ. Механизированная клеточная батарея для выращивания ягнят с 2-3 дневного возраста до 45 дневного возраста
13. Бонитировка овец	Установка для бонитировки овец
14. Доение овец	Стационарная доильная установка овец ДУО-24. Передвижная доильная установка.
15. Устройство технологических ограждений в овчарне и на площадках	Ограждения унифицированные
17. Пастьба овец	Электроизгороди

Для поения овец и ягнят широко применяются бесклапанные поилки с емкостями для воды ГАО-4 на 25 л. Поилка обслуживает 324 головы в час. Для доставки воды и поения овец на пастбищах (до 1 тысячи) используется автопоилка передвижного типа ВУО-3, водораздатчик ВУ-3 с емкостью цистерны 3 м³ или автоцистерна АВВ-3,6.

На крупных овцеводческих комплексах применяется водопойное оборудование КВО-8А. Он состоит из насосной станции, системы трубопроводов и автопоилок. Насосная станция служит для подогрева, автоматического поддержания температуры воды и подачи её в систему трубопроводов и к поилкам.

Клапанные поилки двухчашечные ПКО-2 и четырёхчашечные ПКО-4 (рис. 2.5.5а) предназначены для поения овец водой внутри помещения. Впускные клапаны поилок служат для автоматического поддержания воды в них, а сливные – для слива воды из поилок при аварийных случаях. Поплавки предназначены для воздействия на клапанные механизмы при понижении уровня воды в поилках. Подогретая вода под давлением из водопроводной сети попадает в сливное устройство, диафрагма которого при этом расширяется и перекрывает отверстие в корпусе для слива воды из поилки.

Одновременно часть воды через клапан заполняет чашу водой, а поплавок, всплывая, освобождает шток, и клапан перекрывает подачу воды в поилку. При падении давления в магистрали диафрагма принимает первоначальное положение, происходит слив воды из поилки, что предотвращает загрязнение воды зимой и застой её летом.

Поилка бесклапанная одночашечная ПБО-1 (рис. 2.5.5б) служит для поения овец водой только внутри овчарни и применяется в комплекте с поилками ПКО-2 и ПКО-4, используемыми в качестве напорно-регулирующих устройств по принципу сообщающихся сосудов.

Для поения овец в стойловый период необходимо провести испытания энергосберегающих систем автопоения подогретой водой и организовать их производство.

Для поения на пастбищах необходимо возобновить производство передвижных поилок типа ВУО-3 и разработать системы поения, имеющие передвижные групповые поилки, устанавливаемые на пастбищах с подачей воды по переставным водопроводам.

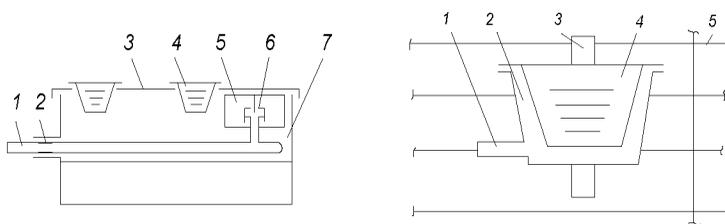


Рисунок 2.5.5 Поилки:

а – клапанная (1 – теплообменник; 2 – клапан сливной; 3 – крышка; 4 – фильтрующая чаша; 5 – поплавок; 6 – впускной клапан; 7 – корпус); б – бесклапанная (1 – патрубок подводящий; 2 – корпус; 3 – кронштейн; 4 – фильтрующая чаша; 5 – ограждение оцарка)

Основная цель овцеводства - получение шерсти [76–78]. Обычно выход шерсти в чистом волокне составляет 35...45% от массы грязной натуральной шерсти. В зависимости от технологических свойств шерсть делят на однородную, получаемую от тонкорунных и полутонкорунных овец, и неоднородную, которую получают от овец грубошерстных и полугрубошерстных пород.

Для производства тонких камвольных тканей используется только однородная шерсть, имеющая одинаковые по толщине волокна (23...50 мкм) и длиной 45...80 мм. Шерсть длиной 20...30 мм используется для изготовления валяльных изделий и фетра. Неоднородная шерсть состоит из грубых волокон (ости) диаметром 40...120 мкм и переплетенных с ним и тонких волокон – пуха. Такая шерсть идет на изготовление грубого сукна, валенок, войлока. Основное качество шерсти – крепость волокна – зависит от полноценности кормления животных.

Тонкорунных и полутонкорунных овец стригут один раз в год – весной, грубошерстных и полугрубошерстных два раза – весной и осенью, овец романовской породы стригут три раза в год – весной, летом и осенью. В хозяйствах с большим поголовьем овец стригут в строгой последовательности. Первыми стригут овец с малоценной или загрязненной шерстью, чтобы стригали восстановили утраченный навык стрижки, затем стригут маточное поголовье зимнего скота,

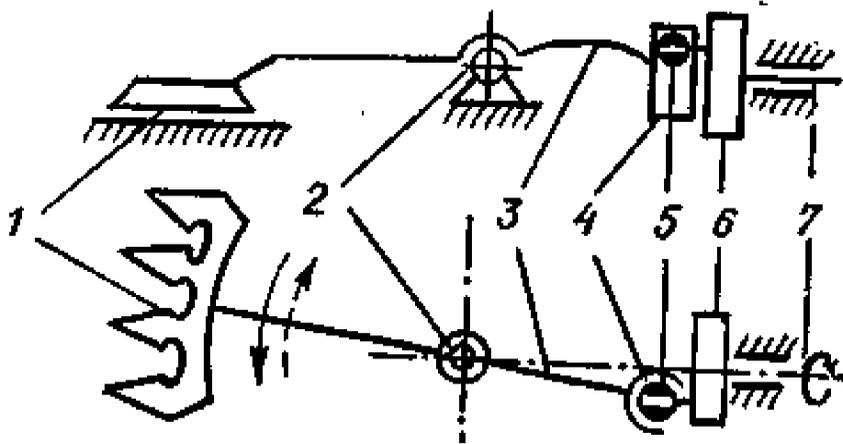
затем молодняк рождения прошлого года, валухов (перярок), маток весеннего скота и, наконец, баранов-производителей. Перед стрижкой овец в течение суток выдерживают без корма и 10...12 часов без воды. На ночь их оставляют в помещении, чтобы шерсть не увлажнялась от дождя или росы (влажная шерсть в кипах саморазогревается и портится).

Стрижка овец - трудоемкая операция. При работе вручную ножницами опытный стригаль может остричь до 15...20 овец в день. Но при этом качество шерсти ухудшается из-за неравномерной длины волокон, возможны порезы кожи овец.

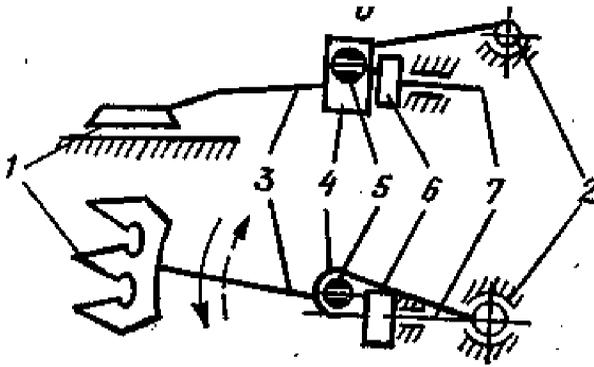
Машинная стрижка увеличивает производительность труда (до 60 овец в день), улучшается качество шерсти, на 8...13% увеличивается настриг шерсти за счет более низкого среза (на 200...300 г больше с одной овцы), снижает количество порезов кожи у овец, уменьшается количество сечки в руне. Особенно важна роль механизированной стрижки овец в тонкорунном овцеводстве, где шерсть является основной продукцией.

Конструкции стригальных машинок отличаются схемами привода и кинематикой передаточного механизма [76].

По роду привода все известные конструкции стригальных машинок можно разделить на 2 группы: с выносным электродвигателем и гибким валом и с электродвигателем, встроенным или пристроенным к ручке. По кинематическим схемам основное различие всех машинок — в передаче колебательного движения от эксцентрика к ножу (рис. 2.5.6).



а



6

Рисунок 2.5.6 Кинематические схемы стригальных машинок:

а — передача колебательного движения рычагом 1 рода;

б — передача колебательного движения рычагом 2 рода; 1 — нож;

2 — шаровой шарнир; 3 — рычаг; 4 — цилиндрический паз; 5 —

шаровой ролик эксцентрика; 6 — эксцентрик; 7 — вал эксцентрика

Для механизации стрижки овец наибольшее распространение получили стригальные агрегаты ЭСА-12/200 на 12 стригальных машинок с пропускной способностью 120 голов в час. Применяется также стригальный агрегат ЭСА-6/200 на 6 машинок с пропускной способностью 60 гол/ч. После стрижки полученную шерсть разбирают по сортам в зависимости от ее качества. Для этого имеются столы для классировки шерсти СКШ-200. Разобранную по сортам шерсть прессуют в кипы на гидравлических прессах, упаковывают в мешковину и обвязывают проволокой.

Для стрижки и первичной обработки шерсти применяются комплекты оборудования стригальных цехов. Наибольшее распространение получили два типа цехов: ВЦС-24/200 и комплект технологического оборудования КТО-24. Пропускная способность выносного стригального цеха ВЦС-24/200 составляет 200 тыс. овец за сезон. Оборудование включает 24 стригальные машинки МСУ-200. Для привода стригальных машинок вырабатывается переменный ток частотой 200 с-1 и напряжением 36 В электростанцией СТН-12А (преобразователь частоты). Все оборудование размещается под переносным укрытием УУП-500 размером 10х50 м, состоящим из сборного каркаса из труб, накрываемых брезентом. Цех имеет три

производственных (стрижки, обработки шерсти и техобслуживания) и один бытовой участки, боксы для классированной шерсти БШ-16 и лабораторию для оценки качества шерсти с необходимыми приборами и оборудованием. Комплект технологического оборудования КТО-24 аналогичен оборудованию цеха ВЦС-24/200. Средний настриг шерсти составляет 2,2 кг на одну овцу. Основные процессы: стрижка, транспортировка рун шерсти то стригала к столу учёчика, учёт и взвешивание рун, классировка, прессование, маркировка, временное складирование и погрузка кип шерсти.

Выпускают две модификации стригальных машинок: МСО-77Б и МСУ-200. Стригальная машинка МСО-77Б имеет ширину захвата 76,8 мм. Она приводится в действие от индивидуального электродвигателя через гибкий вал. Машинка состоит из шарнирного корпуса, эксцентрикового и нажимного механизмов и режущего аппарата. Её рабочим органом является режущий аппарат (режущая пара), и работающая по принципу ножниц. При этом шерсть срезается при защемлении её в растворе между лезвиями ножа и гребёнки. Гребёнка включает 13 зубьев. Нож совершает 38 двойных ходов в секунду.

Зубья гребёнки при стрижке входят в шерсть, расчёсывают и поддерживают её при срезании ножом. Шарнирный механизм облегчает управление машинкой, делая её независимой от положения гибкого вала. Он состоит из двух специальных шестерён с 10 и 12 зубьями. Эксцентриковый механизм служит для преобразования вращательного движения передаточного вала в колебательное движение рычага и ножа. Ролик эксцентрика входит в вертикальный паз рычага и при вращении заставляет последний качаться в горизонтальной плоскости около центра вращения. Нажимной механизм, расположенный в приливе головки корпуса машинки, обеспечивает необходимый нажим ножа на гребёнку. Машинки с гибким валом обладают существенными недостатками: значительной массой, большим реактивным моментом от гибкого вала, недостаточной маневренностью, малой скоростью резания. Частота вращения ротора электродвигателя – 2800 оборотов в минуту, вес – 1,12 кг.

Эти недостатки устранены в машинке МСУ-200. Стригальная машинка МСУ-200 отличается от МСО-77Б приводом. Она имеет токобезопасный привод, соединённый со стригальной головкой.

Отсутствие гибкого вала исключает возникновение реактивного крутящего момента и снижает вибрацию машинки при стрижке. Основными её частями являются стригальная головка и встроенный в корпус электродвигатель со шнуром питания. Стригальная головка состоит из корпуса, эксцентрикового и нажимного механизмов, редуктора и режущего аппарата. Конструкция нажимного эксцентрикового механизма режущего аппарата у машинок МСУ-200 полностью аналогична машинке МСУ-77Б. Частота вращения ротора электродвигателя – 12000 оборотов в минуту, вес машинки – 0,8 кг.

Качество и надежная работа стригальной машинки определяются параметрами режущего аппарата. Тип режущего аппарата характеризуется соотношением основных параметров: хода (S) и шага ножа (t), шага гребенки (t_0). Важными параметрами, являются скорости резания шерсти (V_p) и подачи машинки (V_T), частота вращения эксцентрика (n), скорость движения (V_H) и ускорение (a), ширина захвата машинки (B), высота сегмента ножа (h), углы – заземления (χ) и скольжения (τ). При уменьшении или увеличении t_0 изменяется t или S . С изменением n изменяются V_p , V_T , V_H . Увеличение τ повышает χ .

Для стригальных машинок наибольшее распространение получил тип низкого резания с соотношением $S = t = 3t_0$. Такой аппарат позволяет получать низкий и равномерный срез шерсти. С увеличением скорости резания качество среза улучшается, а сопротивление ему уменьшается. Скорость резания стригальной машинки (угол заточки лезвия ножа — 65° , а противорежущей кромки — 80°) должна быть выше критической. При меньшей скорости сопротивление резанию резко возрастает. Поэтому при расчетах режущего аппарата минимальная скорость резания — 0,7 м/с.

Изменение скорости и ускорение любой точки ножа подчиняются законам гармонического колебания. Около крайних мертвых точек скорость мала, а ускорение максимально, а около средней точки, наоборот, скорость максимальна, а ускорение мало. При конструировании режущего аппарата стремятся срезать шерсть не в крайних точках хода ножа, когда скорость его мала, а в средней части, когда нож имеет высокую скорость.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_H}{V_{\text{ш}}} = \frac{\rho}{R} \\ V_{\text{ш}} = \frac{V_x}{\cos \beta} = V_a \sin \alpha \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_H = 2\omega \frac{\rho \sin \alpha}{R \cos \beta} \\ a = \frac{dV_H}{dt} = A\rho\omega^2 \cos \alpha t \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (2.5.1)$$

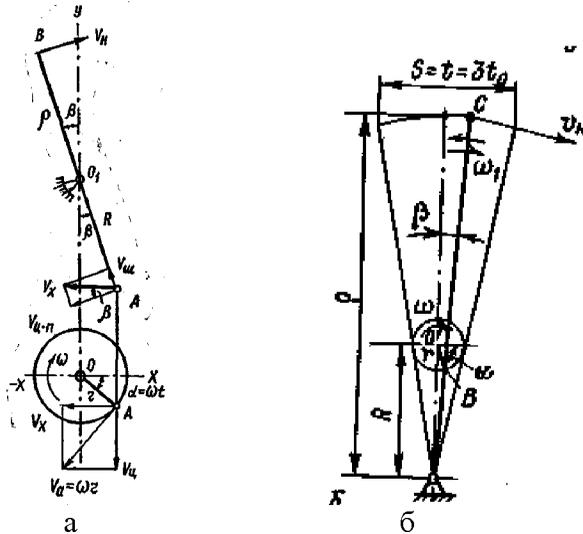


Рисунок 2.5.7 Определение скорости и ускорения ножа в машинках:
а – схема расчетная МСО-77Б (r — радиус эксцентрика OA ; V_a — скорость точки A ; V_x — горизонтальная составляющая точки A ; $V_{\text{шп}}$ — скорость пальца эксцентрика относительно цилиндрического паза; $V_{\text{ш}}$ — скорость скольжения шарика эксцентрика относительно его пальца); *б* – схема расчетная МСУ-200

Шерсть срезается при помощи двух лезвий ножа и гребенки по принципу действия ножниц. Скорость резания создается лезвием ножа, которое, двигаясь с переменной скоростью, вначале подводит отдельный пучок волокон шерсти к неподвижному лезвию гребенки, затем сдавливает его, защемляет и создает в нем напряжение среза. Лезвие гребенки подпират и способствует защемлению пучка шерсти в растворе ножниц лезвий ножа и гребенки. Для хорошей

работы режущего аппарата необходимо, чтобы волокна шерсти не выскальзывали из раствора лезвий, а защемлялись и надежно удерживались в нем, что обеспечивается при выполнении известного условия $\chi \leq \varphi_1 + \varphi_2$ (где χ – угол защемления; φ_1 и φ_2 – соответственно углы трения шерсти по лезвию ножа и гребенки). За начало резания принимают момент, когда лезвие начнет пересекать лезвие гребенки. Срезание шерсти происходит с изменением радиуса-вектора в интервале от ρ до $\rho + h$, что значительно изменяет значение скорости резания (рис. 2.5.8).

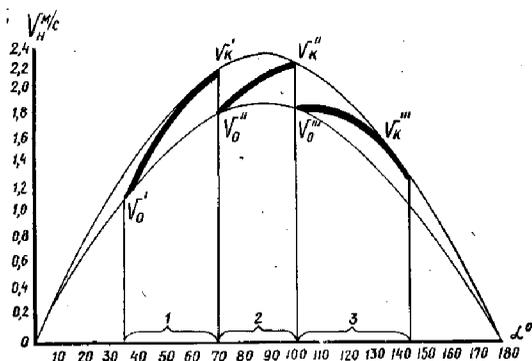


Рисунок 2.5.8 График скорости резания в режущем аппарате типа

$$S = t = 3t_0$$

От высоты сегмента ножа (h) зависят скорость подачи машинки, число оборотов эксцентрика, угол наклона лезвия ножа к оси симметрии машинки. Высота h определяется из условий оптимальной подачи (L) за один оборот. Оптимальная подача минимизирует неизбежные площадки двойного пробега — $a'e'$ (на рис. 2.5.9 заштрихованы), а площадки-пропуски, не пробегаемые ножом и вызывающие продольный отгиб шерсти, будут отсутствовать. Это условие возможно лишь в случае, когда линии cc' и aa'' пересекутся в точке e основания зуба гребенки. В формулу входят все основные параметры, характеризующие режущий аппарат стригальной машинки любого типа.

$$\begin{cases} L = h + y_1 + y_2 \\ y_1 = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta \\ y_2 = \left(h \operatorname{tg} \alpha + \frac{b}{2} \right) \operatorname{tg} \beta \rightarrow h = \frac{30V_M(2S - b)}{Sn + 30V_M \operatorname{tg} \alpha} \\ L = \frac{60V_M}{n} \\ \operatorname{tg} \beta = \frac{L}{2S} = \frac{30V_M}{nS} \end{cases} \quad (2.5.2)$$

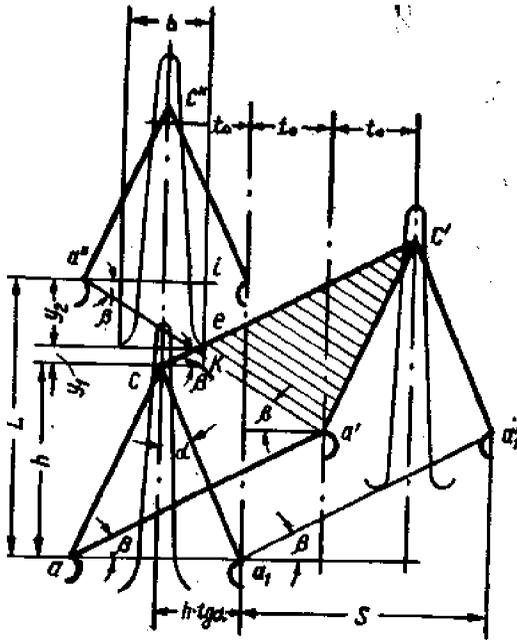


Рисунок 2.5.9 График пробега лезвий ножа [76]

С увеличением скорости подачи производительность растёт прямо пропорционально. Поступательная скорость машинки создается рукой стригателя и изменяется в очень широких пределах. Причина тому — многообразие факторов: порода овец, остригаемый участок тела, квалификация стригателя, способ стрижки. Чем опытнее стригаль, тем выше скорость подачи. Бока и спину овцы стригут быстрее, чем шею и ноги. Грубошерстных овец стричь легче и

быстрее, чем тонкорунных. При рассмотрении скорости подачи необходимо различать расчетную, или теоретическую, скорость, которую может обеспечить конструкция стригальной машинки (V_M), и V_ϕ — фактическую скорость подачи, которую создает стригаль. Если $V_\phi > V_M$, то есть фактическая скорость выше расчетной, появляются площадки-пропуски, которые не пробегаются лезвием ножа (рис. 2.5.10).

Находящаяся на них шерсть может быть срезана в положении с наклоном вперед, что вызывает снижение качества срезаемой шерсти и производительности труда, так как при этом появляется высокий неравномерный срез, и стригаль прилагает дополнительные усилия на отклонение волокон шерсти. Если же $V_\phi < V_M$, повышаются затраты мощности и износ деталей передаточного механизма. Поэтому обоснование оптимальной скорости подачи стригальной машинки должно производиться экспериментальным путем, исходя из физических возможностей стригалей, создающих эту скорость непосредственно в процессе стрижки. Для этого были проведены многочисленные опыты, в которых с помощью специального прибора записывали скорость подачи, создаваемую стригальями различной квалификации при стрижке различных пород овец (рис. 15).

Фактическая скорость подачи колеблется в широких пределах и определяется в основном квалификацией стригалей. Так, стригаль с низкой квалификацией в основном работает на скоростях подачи 0,3–0,7 м/с, средний — 0,4–0,8 м/с, высокий — 0,5–1,1 м/с. Из этого следует, что обоснование оптимальной расчетной скорости подачи стригальной машинки необходимо проводить из условий работы высококвалифицированных стригалей для средних значений фактически создаваемой ими скорости подачи.

В данном случае за оптимальную расчетную скорость подачи стригальной машинки следует принять величину 0,7–0,9 м/с и выше. Причем нижний предел 0,7 м/с относится к случаю, когда нож максимально изношен и его высота сегмента минимальна (h_{\min}), а верхний 0,9 м/с для нового ножа, когда его высота максимальна (h_{\max}). Производительность стригальной машинки определяется скоростью подачи и шириной захвата [76].

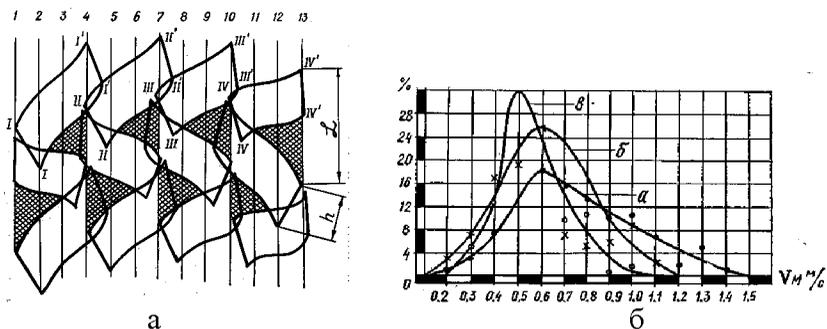


Рисунок 2.5.10 Диаграммы:

а – диаграмма движения ножа стригальной машинки (1–13 – осевые линии зубьев гребенки; I – I...IV – IV – лезвия сегментов ножа в крайнем левом положении; I^о – I^о...IV^о – IV^о – то же в крайнем правом положении); *б* – скорости подачи машинки стригальными различной квалификации (*а* – высокая, *б* – средняя, *в* – низкая квалификация)

Ученые всего мира продолжают поиск принципиально новых методов, которые коренным образом изменяют технологию стрижки, значительно облегчат труд и повысят производительность. Так, сущность биохимического метода снятия шерсти заключается в том, что в организм животных путем инъекции или с кормом вводится специальный химический препарат, который способствует прекращению роста клеток в волосяных луковицах. В результате в растущих волокнах шерсти образуется кольцообразное сужение, которое легко переламывается, что позволяет через 8...14 суток вручную отделить руно от тела овцы. Преимущества этого способа очевидны: полностью сокращаются затраты труда и себестоимость шерсти, появляется возможность использования рабочих с низкой квалификацией. Однако его применение возможно только после широкой всесторонней проверки по обоснованию точной дозы препарата, его влияния на интенсивность последующего роста шерсти, воспроизводительные способности овец, степень опасности потребления мяса человеком, устойчивости животных к другим заболеваниям. Особый интерес представляют конструкции для среза шерсти с принципиально новыми рабочими органами, как, например, луч лазера. Экспериментальная установка состоит из мощного лазера,

световода и режущей головки. Сфокусированный луч срезает шерсть по линии фокуса шириной 64 мм. Но высокая стоимость, трудности по обеспечению безопасности стрижки и низкая скорость резания требуют значительной доработки.

Дальнейшее совершенствование стригальной техники в овцеводстве идет по линии создания принципиально новой конструкции машинки со встроенным электродвигателем. Механизмы привода, предназначенные для преобразования вращательного движения ротора электродвигателя в колебательное движение ножа, обладают рядом недостатков – значительная масса, неравномерность прижатия ножа к гребенке, сложность регулировки зазора в режущей паре. Промежуточные механизмы усложняют конструкцию машинки, способствуют увеличению потерь энергии, снижают технический ресурс. Указанные недостатки можно устранить, применив электродвигатель, ротор которого будет совершать не вращательные, а колебательные движения вокруг своей продольной оси. Наряду с этим вместо кривошипно-шатунного или эксцентрикового механизмов для привода ножа, как показано на рисунке 2.5.11, можно применить упругий рычаг (4), который одним концом жестко соединен с ротором (5) электродвигателя колебательного движения, а другим — с ножом (2) (посредством шарнира). Упругий рычаг обеспечивает постоянство заданного усилия прижатия ножа к гребенке за счет упругой деформации. Это позволяет отказаться от специального нажимного механизма и в то же время получить равномерность прижатия ножа в процессе работы по всей длине не за счет соблюдения точности изготовления и посадки сопрягаемых деталей, а за счет действия силы упругости рычага. Это значительно проще и повышает безотказность работы режущей пары.

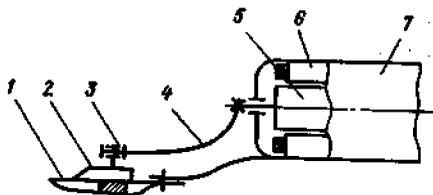


Рисунок 2.5.11 Схема стригальной машинки с упругим рычагом:
1 – гребенка; 2 – нож; 3 – шарнир; 4 – упругий рычаг; 5 – ротор с
возвратно-колебательным движением; 6 – статор;
7 – электродвигатель

Прессование сырой шерсти является следующей после классировки операцией по первичной её обработке. Прессование в кипы – операция весьма трудоёмкая и важная, так как от эффективности её выполнения зависит сохранение качества полученной шерсти. С этой целью применяют прессы как вертикальные, так и горизонтальные, с ручным, механическим и гидравлическим приводом и с вязкой кип проволокой вручную или автоматически. В настоящее время промышленность выпускает горизонтальный гидравлический пресс для шерсти ПГШ- 1,0Б. Он предназначен для прессования и упаковки невытравленной овечьей шерсти в кипы массой от 95 до 136 кг. Прессование происходит в камере между прессующей плитой и стойкой. Перед его началом на загрузочную камеру со стороны стойки надевают специальный конверт из мешковины таким образом, чтобы его углы совпадали с углами камеры. Прессующая плита (3) отводится в крайнее правое положение (рис. 2.5.12а), а затем камера с мешком (1) малым гидроцилиндром перемещается в крайнее левое положение. Далее открывается крышка и камера заполняется классированной шерстью (2), после чего рычагом включается гидропривод плиты и производится прессование (рис. 2.5.12б–г). Затем плиту возвращают в исходное положение (рис. 2.5.12 в), а камеру догружают шерстью, которую снова прессуют, формируя кипу (рис. 2.5.12д). После окончания прессования плита автоматически останавливается в крайнем левом положении (рис. 2.5.12е), а камеру отводят в исходное (крайнее правое) положение. При этом конверт из мешковины натягивается на сформированную кипу, которую затем обвязывают проволокой (4) и выталкивают по рольгангу из прессы.

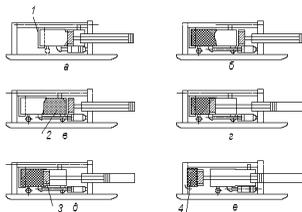


Рисунок 2.5.12 Схема работы прессы ПГШ-1,0Б:

1 – мешок; 2 – шерсть; 3 – прессующая плита; 4 – проволока

После завершения стрижки каждая отара (800...1200 голов) проходит профилактическое купание. Купание ускоряет заживление порезов кожи и снижает вероятность кожно-паразитных заболеваний животных. Для купания овец выпускаются стационарная установка ОКВ для обработки овец в ванне методом погружения их с головой в различные растворы и эмульсии, купочные установки душевого типа КУП-1, а также передвижные дезинфекционные установки ДУК-1 и ЛСД-2М. Технологический процесс в установке сбрасывающего типа ОКВ протекает следующим образом (рис. 2.5.13). Загоняют овец в приёмный и предкупочный загоны. В это время толкающая тележка находится у ванны. Закрывают входные ворота и перемещают тележку назад с повышенной скоростью. При прохождении тележки над животными пальцы автоматически поднимаются. Затем тележку переключают на обратный ход. В это время пальцы опускаются, отделяя 20...25 овец от отары. Перед ванной, когда сопротивление животных особенно возрастает, скорость тележки снижают. В случае падения овец тележку останавливают и откатывают назад, давая возможность животным подняться. Подогнав животных к ванне, их сбрасывают в неё, и тележка возвращается за следующей партией овец. Оператор, находящийся у ванны, опускает платформу окунателя. Все животные погружаются в эмульсию. Затем после кратковременной выдержки овец в ванне открывают двери, и животные выходят в отстойные загоны. Производительность установки – 375 голов в час. Обслуживают установку 3 человека: оператор тележки, оператор ванны и моторист-истопник.

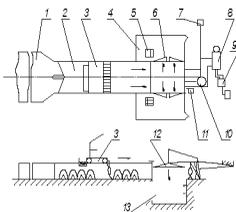


Рисунок 2.5.13 Схема сбрасывающей установки ОКВ:

- 1 – приёмный загон; 2 – предкупочный загон; 3 – толкающая тележка; 4 – отстойный загон; 5 – отстойник; 6 – выпускные двери; 7 – насосная станция; 8 – парообразователь; 9 – отопительная система; 10 – смеситель; 11 – пульт; 12 – окунатель; 13 – ванна

С двух сторон к камере установки струйного типа (рис. 2.5.14), в которой обрабатывают овец, пристроены два предкупочных загона 2 длиной по 15 м, шириной 2,65 м, имеющий бетонированный пол и ограждения высотой 1040 мм. Каждый предкупочный загон снабжён механизмом подгона овец на обработку в камеру. Он состоит из тележки с шарнирно подвешенными пальцами – толкателями и рабочего места оператора. Каждая тележка управляется оператором, имеет два электропривода. Один предназначен для продвижения тележки в обоих направлениях, другой – для подъёма пальцев при захвате очередной партии овец. Камера предназначена для обработки овец. Основными элементами этой технологии являются: встречный механизированный загон овец, обработка овец снизу и сверху подвижными струями эмульсии, электроподогрев эмульсии, очистка её и полное использование. Время выхода овец из камеры не превышает 20 с. Механизированный встречный загон овец позволяет повысить производительность в 1,5 раза, снизить затраты эмульсии в 2...3 раза, предохранить окружающую среду от загрязнения обратной эмульсией. Производительность установки – 500 голов в час. Количество обслуживающего персонала – 3 человека. Время обработки – 32 секунды. Установленная мощность 25 кВт.

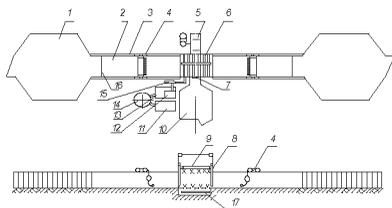


Рисунок 2.5.14 Схема установки струйного типа:

- 1 – приемный загон; 2 – предкупочный загон; 3 – рельс;
 4 – толкающая тележка; 5 – каретка; 6 – камера; 7 – выходные
 дверцы; 8 – входные дверцы; 9 – верхняя штанга; 10 – отстойный
 загон; 11 – резервуар; 12 – фильтр; 13 – отстойник;
 14 – нагреватель; 15 – насосный агрегат; 16 – ворота; 17 – нижняя
 штанга

Обязательное раннее купание овец 1-2 раза в год с целью профилактики чесотки в настоящее время проводится не повсеместно, хотя препараты для этого как отечественные, так и импортные имеются. Необходимо, исходя из зарубежного опыта, разработать и освоить производство малогабаритных ванн емкостью 1,2...3 м для хозяйств с малым поголовьем овец и механизированных купочных установок для овцеводческих ферм.

Молоко овец по содержанию питательных веществ значительно богаче коровьего. Если в коровьем молоке содержится 3...5% жира, то в овечьем - 6,5...7%. В овечьем молоке содержится 5% белков, около 4,5 молочного сахара, более 1% минеральных веществ, т.е. в 1,5...2 раза больше, чем в коровьем молоке. Молоко овец используют для переработки на брынзу и сыр, которые отличаются хорошими вкусовыми качествами и высокой питательностью. Установки для доения овец выпускаются двух типов: с доением в ведра и с доением в молочный трубопровод. Доильная установка ДОУ-24 (рис. 2.5.15) для машинного доения овцематок в доильные ведра состоит из двухсекционной платформы на 12 станков каждая с кормушками и полуавтоматической фиксацией и расфиксацией овец, комплекта доильных аппаратов АДО-3 с доильными ведрами.

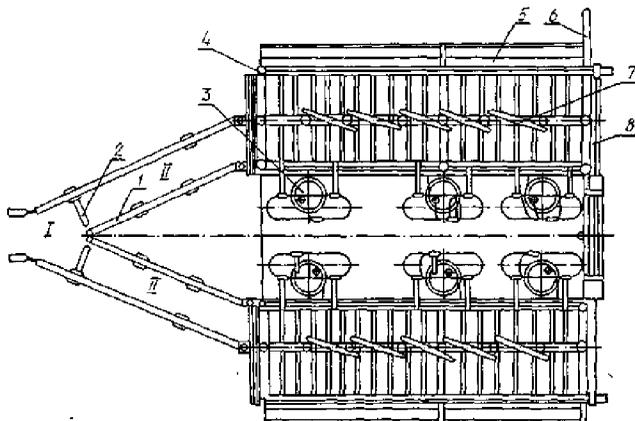


Рисунок 2.5.15 Установка доильная ДОУ-24:

- 1 – раскол; 2 – дверца раскола; 3 – доильная аппаратура; 4 – двухсекционная доильная платформа; 5 – кормушки; 6 – вакуумпровод; 7 – панель-вертушка; 8 – выходные двери; I – накопитель; II – коридор

Доильная установка ДЗО-8 предназначена для поточной механизированной дойки при пастбищном содержании овец. Она может быть использована и как стационарная на овцеводческих фермах при стойлово-пастбищном содержании овец. Для доения овец загоняют в преддоильный загон партиями по 50...60 голов, откуда по трапу поочередно загоняют в клетки, установленные на движущемся транспортере доильной установки. Всего на транспортере имеется 20 клеток, движущихся по замкнутому контуру в вертикальной плоскости. Овцы находятся в 5...6 клетках верхней ветви транспортера. Обслуживают установку 2 оператора. Первый одевает доильные стаканы на соски вымени овец, второй - производит механическое додаивание, снимает доильные стаканы и по наклонному транспортеру возвращает доильный аппарат первому оператору. Каждая овца выдаивается за время движения клетки от одного оператора до другого. Выдоенная овца выходит из клетки по наклонному трапу в загон для выдоенных овец.

Механизацию уборки навоза из овчарен и выгульных площадок осуществляют скребковыми транспортерами ТСН-2Б, ТСН-160, погрузчиками-бульдозерами ПБ-3,5 и погрузчиками фронтально-перекидными ПФП-1,2. Для резания и рыхления уплотненного навоза применяют фрезы ФС-0,7 (рис. 2.5.16) и унифицированные фрезы ФЛУ-0,8 со сменными рабочими органами.

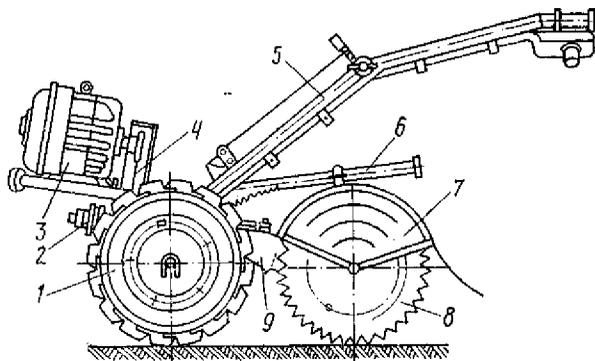
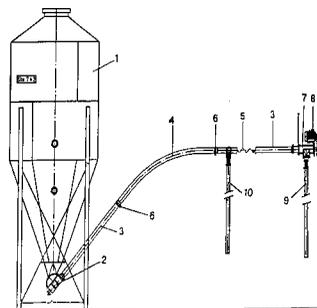


Рисунок 2.5.16 Кинематическая схема самоходной фрезы:

- 1 — ходовое колесо; 2 — предохранительная муфта;
- 3 — электродвигатель; 4 — цепная передача; 5 — рукоятка управления;
- 6 — механизм включения фрезы; 7 — кожух;
- 8 — дисковая фреза; 9 — конический редуктор

2.6 Оборудование птицефабрик

Организация сбалансированного кормления птицы является одним из важнейших элементов интенсивной технологии производства яиц и мяса птицы [79]. Наиболее оптимальный вариант обеспечения птицы необходимыми веществами – использование полнорационных комбикормов. Различают три способа кормления птицы: сухой, влажный и комбинированный. На птицефабриках применяют только сухой способ кормления. Сухой тип кормления позволяет полностью механизировать и автоматизировать транспортировку и раздачу кормов, исключается задержка корма на стенках кормушки и его плесневение. Транспортировку корма с комбикормового завода на птицефабрику проводят спецавтомобилями ЗСК и АСП. Из специализированных автокормовозов корм загружают в бункера-хранилища. Для хранения корма используются бункера из оцинкованного стального листа или бункера из пластмассы, армированной стекловолокном. Заполнение их возможно пневматически или с помощью шнека. Вместимость бункера определяется объемом ежедневного расходования корма и необходимым сроком хранения. В зависимости от производительности и требуемого расстояния транспортирования корма, используется спираль различного диаметра и производительности. Как правило, нагрузка на спираль транспортера составляет до 4,5 т/час. При более высоких нагрузках и углах подъема до 75° используются шнеки. В исключительных случаях можно реализовать угол подъема даже 90° при условии, что максимальная длина шнека составит 10 м (рис. 2.6.1).



а

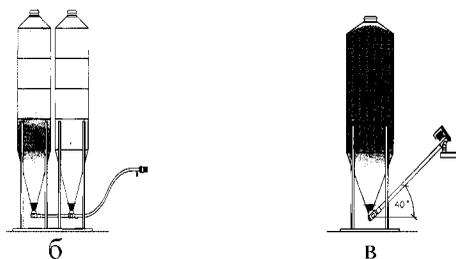


Рисунок 2.6.1 Схемы обустройства линий хранения корма:
а – схема бункера и кормовой линии (1 – бункер; 2 – корпус шнека; 3 – труба; 4 – дуга; 5 – стираль; 6 – муфта; 7 – приводная станция; 8 – шкаф управления; 9, 10 – кормовой патрубков); б – подача корма спиральным транспортером; в – подача корма шнеком

При напольном выращивании птицу размещают крупными разновозрастными партиями в широкогабаритных птичниках, в которых механизированы кормораздача (табл. 2.6.1), поение, уборка подстилки, обогрев цыплят, освещение помещений. На птицефермах заполнение кормушек не должно превышать 1/3-1/4 их высоты во избежание потерь корма при поедании его птицей.

Таблица 2.6.1 Типы рабочих органов кормораздатчиков для птицы

Наименование	Схема	Вид корма
Цепной		Сухой
Спиральный		Сухой
Тросо-шайбовый		Сухой
Цепочно-скребковый		Сухой и влажный
Ленточно-тросовый		Сухой и влажный
Колебательный		Сухой и влажный

Однонаправленное движение корма при вибротранспортировании обеспечивает то, что лоток совершает поступательное движение вдоль своей оси, причем закон движения (рис. 2.6.2а) существенно отличается от синусоиды. В этом случае скорость лотка изменяется, согласно рис. 2.6.2б, а ускорение — согласно рис. 2.6.2в. Такой выбор закона движения не случаен — он нужен для надлежащего изменения переносной силы инерции, которая определяет возможность однонаправленного проскальзывания корма по лотку. Горизонтальная сила инерции пропорциональна ускорению лотка, но направлена в противоположную сторону, то есть следует закону, показанному на рис. 2.6.2г. Здесь видно, что длительные этапы, соответствующие малым значениям силы инерции, чередуются с кратковременными этапами, которые характеризуются большими значениями этой силы. На длительных этапах, когда сила инерции мала и не может преодолеть сцепление между лотком и кормом, корм движется вместе с лотком. Но на кратковременных этапах сила инерции велика и способна преодолеть трение; за один такой этап происходит небольшое проскальзывание элементов корма — конечно, в ту сторону, в которую направлена сила инерции. Такие небольшие смещения будут от цикла к циклу постепенно накапливаться, и образуется в среднем однонаправленное движение. Именно на это «нацелен» показанный на рис. 2.6.2 закон движения лотка.

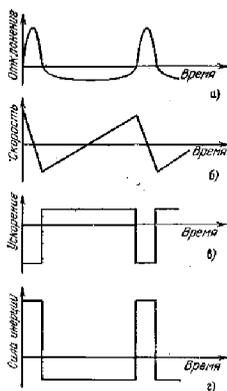


Рисунок 2.6.2 Динамические характеристики процесса вибротранспортирования горизонтального транспортера

С практической точки зрения описанный способ имеет заметный недостаток — не так-то просто создать колебательное движение лотка по специальному закону, представленному на рис. 2.6.3а. Технически гораздо проще воспроизводятся гармонические колебания лотка. Для этого в принципе достаточен вибровозбудитель, такого же типа, как изображенный выше по рис. 2.6.3а. Конечно, если направление гармонических колебаний будет совпадать с осью лотка, то из-за симметрии действия сил инерции малые смещения загрузки в одну сторону будут компенсированы такими же смещениями, направленными в противоположную сторону, и в среднем загрузка будет оставаться на месте. Однако и при гармонических колебаниях в систему может быть привнесена необходимая асимметрия — для этого достаточно, чтобы направление колебаний не совпадало с осью лотка (но, конечно, и не было перпендикулярно ей). На этом основан отличный от предыдущего и особенно широко применяемый в практике способ вибротранспортирования. На рис. 2.6.3б показан вариант ориентации гармонических колебаний лотка, которому соответствуют и направление скольжения корма. Один период синусоидальных колебаний состоит из двух полупериодов: в первом лоток находится выше и правее («северо-восточнее») своего среднего положения, а во втором полупериоде — ниже и левее («юго-западнее») этого положения.

В любой момент движения направление ускорения произвольной точки лотка противоположно ее отклонению от среднего положения (это общее свойство гармонических колебаний), а, следовательно, направление силы инерции все время совпадает с направлением отклонения: в первом полупериоде — «на северо-восток», во втором полупериоде — «на юго-запад». Соответственно этим полупериодам на рис. 2.6.3г–д показаны две схемы сил, определяющих относительное движение (или относительный покой) элемента загрузки: силы тяжести G , сила инерции I , нормальная реакция лотка N и сила трения F . В первом полупериоде (рис. 2.6.3г) горизонтальная составляющая силы I стремится сдвинуть элемент загрузки вправо. Этому способствует и вертикальная составляющая силы I — уменьшая прижатие элемента к лотку, она тем самым уменьшает и предельное значение

силы кулонова трения. Если коэффициент трения не слишком велик, то в этом полупериоде (точнее — в течение некоторой его части) происходит некоторое проскальзывание элемента вправо. Во втором полупериоде (рис. 2.6.3) горизонтальная составляющая силы I стремится сдвинуть элемент влево.

Однако вертикальная составляющая той же силы будет препятствовать такому проскальзыванию — увеличивая прижатие элемента к лотку, она увеличит и предельное значение силы трения. В этом полупериоде проскальзывание загрузки не происходит, она покоится относительно лотка. Таким образом, в каждом цикле происходит скольжение элемента загрузки в правую сторону — этим и создается нужный эффект вибротранспортирования. Необходимая асимметрия возникает из-за вертикальной составляющей силы инерции — уменьшая предельную силу трения на одном полупериоде, она увеличивает ее на втором.

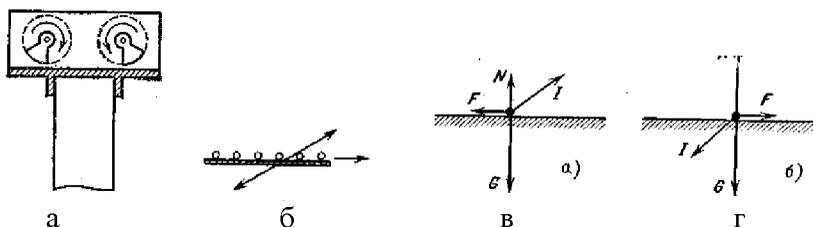


Рисунок 2.6.3 Гармонические колебания лотка:

а — схема вибровозбудителя; *б* — направление ускорения лотка; *в*– *г* — действующие силы

Наиболее распространены чашечные системы кормления птицы. Чашечная система представляет собой комбинацию цепной системы кормораздачи и чашечных кормушек (рис. 2.6.4). Кормушка, имея округлые формы, может крепиться на кормовой трубе, свободно качаясь. На одну кормушку допускается до 85 бройлеров живым весом до 2,0 кг.

Кормораздаточная система должна раздать корм в течение 4...5 мин. так, чтобы корм был распределен по всему птичнику равномерно в одинаковом количестве одновременно для всего поголовья. Посадка птицы на линии кормления и поения,

вызывающая деформацию транспортной трубы и перетирание спирали, предотвращается противопосадочным тросом.

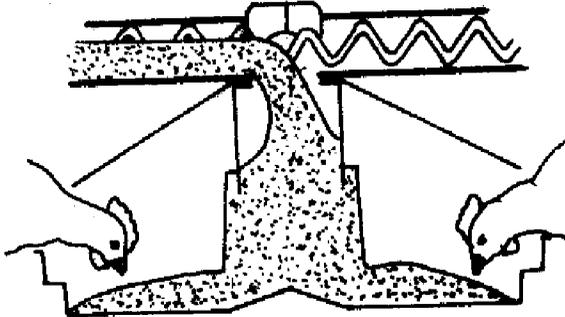


Рисунок 2.6.4 Схема подачи корма в чашечную кормушку

Клеточные батареи входят в комплект оборудования содержания птицы (однодневных цыплят, ремонтного молодняка и кур-несушек) в закрытых помещениях с регулируемым микроклиматом. Комплектность батареи обеспечивает полную механизацию основных технологических процессов: раздачи корма, поения, уборки помета, сборки яиц. Жесткая конструкция несущей рамы делает возможным монтаж батареи от 3 до 10 ярусов длиной до 150 м в одном ряду. Клетки для цыплят имеют мелкоячеистые решетки. Сетчатый пол (одинаковый на ярусах для цыплят и ремонтного молодняка) с вкладышем-настилом гарантирует цыплятам – особенно в первые дни – благоприятные условия, быструю и простую чистку. Две большие передние раздвижные дверки позволяют открыть клетку более чем на две трети. Это удобно для посадки, пересадки и высадки птицы. С первого дня цыплята едят из внешнего кормораздаточного желоба. Кормушки централизованно и плавно регулируются по высоте в зависимости от возраста цыплят. При помощи заслонки регулировки уровня корма в кормовой колонке регулируется уровень корма на раздачу.

Основными элементами клетки для кур-несушек являются решетчатый пол (1), кормушка (2), поилки (3), дверка (4), транспортер для яиц (5) (рис. 2.6.5). В клетке для кур-несушек размещаются до 6 несушек. Благодаря поперечному расположению прутьев уменьшается стирание перьев. Кормление птицы осуществляется кормораздаточной цепью, движущейся со скоростью

12 м/мин. в кормовом желобе. Глубокий желоб для кормления с внутренним бортиком обеспечивает минимальные потери корма.

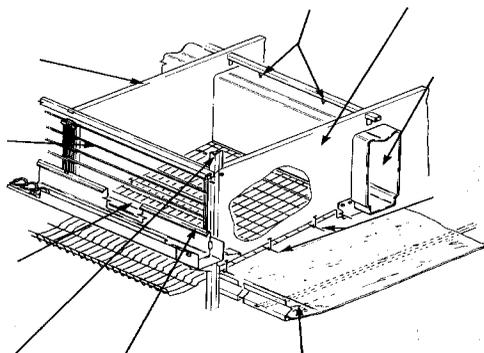


Рисунок 2.6.5 Схема клетки для кур-несушек:

- 1 – решетчатый пол; 2 – кормушка; 3 – поилки; 4 – дверка;
5 – транспортер для яиц

В клеточной батарее трудоемкой технологической операцией является сбор яиц. Основные требования к такому оборудованию — это полная замена ручных операций и минимальная повреждаемость яиц. Под повреждениями понимают не только разрушение скорлупы, но и взбалтывание, приводящее к нарушению внутренних связей и структуры яйца.

В процессе сбора и транспортировки яиц происходят падение, скатывание, удары. В целях предупреждения боя яиц скорость их транспортирования должна быть не более 0,2 м/с. В первых механизированных клеточных батареях для сбора яиц использовали различные тележки, самоходные и навесные яйцесборники. Современная механизация и автоматизация сбора яиц при напольном и клеточном содержании птицы осуществляются на основе применения яйцесборных ленточных транспортеров — продольных транспортеров на каждом ярусе и поперечных транспортеров для птичника.

Пружинистая напольная решетка, натянутая на устойчивую рамочную конструкцию, предотвращает провисание пола клетки и соответственно возникновение гнездовой формы. Это гарантирует беспрепятственное скатывание яиц на яйцесборную ленту.

Сбор яиц осуществляется с помощью ленточного транспортера, расположенного на каждом ярусе батареи ниже кормового желоба. Лента этих транспортеров изготавливается из тканого полипропилена или из джутовой ленты. Материал этих лент хорошо сопротивляется вытягиванию.

Другим основным элементом яйцесборной системы являются поперечные транспортеры. Их конструкция обеспечивает преодоление резких перепадов высот и максимальные расстояния. Ключевым элементом системы является оцинкованная или транспортерная цепь с пластмассовым покрытием, состоящая из двух закаленных поясов, со стяжкой из поперечных прутков. В зависимости от величины птицефермы и особенностей расположения производственных помещений, применяются 3 различных системы с поперечными транспортерами:

1. Лифтовая система сбора яиц.
2. Элеваторная система сбора яиц.
3. Многоярусная система сбора яиц.

Ширину поперечного транспортера (при скорости транспортера 6,5 м/мин.) определяет объем подачи (таблица 2.6.2).

Таблица 2.6.2 Характеристика систем сбора яиц

Ширина	Объем подачи, яиц в час		
	Многоэтажная	Элеваторная	Лифтовая
200	24000		
250	30000		
350		34000	34000
500		50000	50000
750		80000	80000

При помощи лифтовой системы яйца собираются поярусно со всех рядов клеток. Бой яиц при использовании этой системы минимален. Транспортер для сбора яиц проходит по отдельным этажам. В зависимости от длины помещения продольные транспортеры могут обслуживать от одного до 6 рядов клеток на одном приводе.

Элеваторная система обеспечивает высокую производительность при малом количестве рядов. С помощью элеватора (рис. 2.6.6) яйца собираются одновременно с

соответствующих ярусов (до 5 ярусов) одного или всех рядов помещения (в зависимости от производительности поперечного яйцесбора).

Если в одном птичнике находится птица различных пород или возрастов, то яйцесбор может производиться порядно и постадно. Продольные ленты сбора яиц толкают яйца через дозирующие колесики на цепи элеватора. Они транспортируют яйца сначала вниз, а затем в нижней коробе происходит сбор. На соответствующей высоте яйца поступают на поперечный яйцесбор.

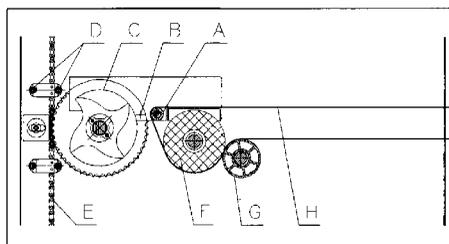


Рисунок 2.6.6 Схема устройства элеватора:

*A – ролик передачи; B – трос передачи; C – колесико дозирования;
D – ступень элеватора; E – цепь элеватора; F – приводной ролик
ленты; G – прижимной ролик ленты; H – лента*

Яйца с помощью этой системы собираются со всех батарей на всех этажах одновременно. Недостаток системы – трудный доступ к рядам клеток. При поэтапном сборе яиц транспортеры движутся со скоростью 4 м/мин. При одновременном сборе из нескольких птичников скорость движения продольного транспортера снижается до 1,3 м/мин. Регулировка скорости движения возможна с помощью преобразователя частоты. При многоярусной системе сбора транспортеры поярусного сбора (шириной 200 или 250 мм) подают яйца с разных этажей по самому короткому пути на рабочий уровень к сортировальной или упаковочной машине.

Подсчет количества яиц во всех системах производится с помощью автоматического электронного счетчика. Каждый счетный модуль имеет два инфракрасных датчика – отправитель сигнала и приемник сигнала. Когда яйцо проходит счетный модуль, инфракрасный датчик измеряет интенсивность отражения. Как только

пройдена максимальная точка яйца, оно засчитывается и запоминается. Во всех системах клеточных батарей применяются щетки для чистки ленты для яиц. Вращающаяся щетка располагается в области привода каждого этажа под лентой для сбора яиц и освобождает ленту от грязи. Она вращается в направлении, противоположном движению ленты. Тем самым достигается хороший эффект очистки.

Потребность в воде варьирует в зависимости от таких факторов, как рацион, температура и влажность помещения. Узел подготовки воды устанавливается между сетью водоснабжения и линиями поения каждого птичника и включает фильтр, манометр, счетчик для контроля потребления воды, медикатор и регулятор давления воды в магистральном трубопроводе. Фильтр узла водоподготовки предназначен для удаления из питьевой воды только механических примесей. Редукционный клапан с установленным на нем манометром позволяет понизить давление воды от магистрального до рабочего давления линий поения (1,5... 3,0 бар). Установленное давление регулятора давления при выходе не зависит от давления при входе.

Медикатор (рис. 2.6.7а) дозирует растворы витаминов и медикаментов в питьевую воду. Поршень (6) под давлением воды поднимается вверх, увлекая за собой шток с поршнем (12). Движение поршня (12) обеспечивает подъем жидкости из сосуда с разбавленными медикаментами. В верхнем положении поршня (6) пружина (5) переключает клапаны (4) и (7). Вода через отверстия нижних клапанов (7) поступает в верхнюю камеру и, воздействуя на поршень, передвигает его вниз, а также в трубопроводную систему поения птицы.

Необходимое давление воды в водопроводе клеточной батареи поддерживается емкостью с поплавком, а при напольном содержании птицы – регулятором давления (рис. 2.6.7б). Основными элементами регулятора давления является шток с клапаном, двухходовой кран и мембрана упругая.

Для поения птицы вода из водопровода (1) проходит по патрубку (14) и отверстие (8) к ниппельным поилкам по водопроводной трубе. Давление в водопроводной трубе обеспечивается регулировочным винтом (6) и пружиной. Сжатие пружины снижает давление в сети, а ее

ослабление – увеличение давления. При промывке под давлением воды шарик поднимается вверх, перекрывая отверстие для воздуха (11).

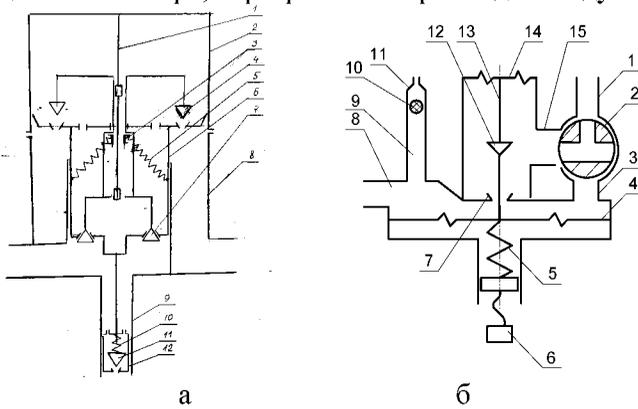


Рисунок 2.6.7 Принципиальные схемы узлов:

а – медикатор (1 – шток; 2, 8 – корпус; 3 – втулка; 4, 7 – клапаны; 5 – пружина; 6 – поршень; 8 – трубка; 9 – пружина; 11 – клапан; 12 – поршень); *б* – регулятор уровня (1 – водопровод; 2 – кран; 3 – патрубок промывочный; 4 – мембрана; 5 – пружина; 6 – винт; 7, 11 – отверстие; 8 – патрубок; 9 – трубка пластмассовая; 10 – шарик поплавковый; 12 – клапан; 13 – шток; 14 – мембрана; 15 – патрубок подачи воды)

Для определения высоты подвеса поилки и уровня жидкости в регуляторе пользуются зависимостями (рис. 2.6.8) [1].

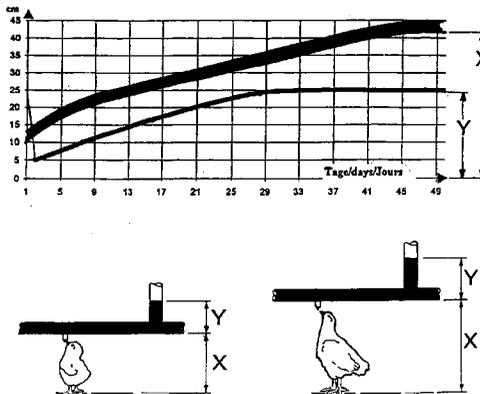


Рисунок 2.6.8 Зависимости X и Y от возраста птиц

Поение цыплят осуществляется при помощи nippleных поилок (рис. 2.6.9) с чашками для улавливания капель. На ярусе для цыплят nippleные поилки централизованно регулируются по высоте по мере роста цыплят. Поилки подвешены на расстоянии 60 см друг от друга. На клетку для цыплят приходится 3 nippleных поилки с подвесной чашечкой. На ярусах ремонтного молодняка nippleная поилка жестко крепится к задней стенке клетки. В распоряжении каждой курочки находятся 4 nippleные поилки. Поение кур-несушек также осуществляется при помощи nippleных поилок. Каждое животное может пользоваться двумя nippleными поилками. Основным преимуществом системы nippleного поения является то, что вода не имеет контакта с воздухом в птичнике и соответственно обладает низким уровнем бактериальной обсемененности по сравнению с поилками открытого типа.

Nippleные поилки, имеющие проток воды от 50 до 100 мл/мин., обеспечивают питьевой водой в достаточном количестве птицу всех категорий и возрастных групп. Рекомендуемое поголовье птицы на nipple: бройлеры — 20...25; ремонтный молодняк — 10...6; родительское стадо бройлеров — 10. Для бройлеров рекомендуется устанавливать одну линию поения на 2,5...3,5 м ширины птичника, для родительского стада бройлеров — одну линию на 5...7 м ширины птичника. Как правило, количество линий поения nippleного типа должно быть на одну больше, чем линий кормления. Это объясняется тем, что в отличие от кормушек единовременный доступ к nipple имеет только одна птица, хотя их количество на линию при одинаковой длине больше. Благодаря своей конструкции nipple обеспечивают подачу воды при нажиме птицей на плунжерок в любом направлении.

Для птицы различной категории при изготовлении nipple используют различные материалы (сталь и полимеры). Каплеулавливающая чашка, закрепленная на кронштейне под nippleм, обеспечивает сухую подстилку. Высота установки линий поения должна соответствовать возрасту птицы, поскольку беспроблемный прием воды в достаточном количестве и без разбрызгивания возможен только тогда, когда птица должна тянуться к поилкам вверх. Подвесные линии поения поднимаются ручными лебедками.

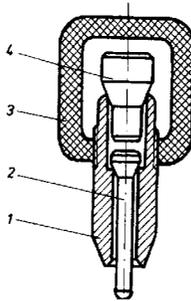


Рисунок 2.6.9 Схема ниппельной поилки:

1 – корпус; 2 – шток; 3 – клапан; 4 – водопроводная трубка

Помет содержит большое количество органических соединений и является благоприятной средой для развития различных видов микробов, в том числе патогенных. Чтобы исключить возможность возникновения различных болезней, необходимо правильно организовать уборку и утилизацию помета. В клеточных батареях предусмотрена автоматическая уборка помета с помощью конвейерной ленты из полипропилена. Полипропиленовые ленты, сваренные бесшовно, улавливают помет снизу клеток. Во время движения ленты помет удаляется на поперечный транспортер со всех ярусов одновременно с помощью специальных скребков. Скребки чистят ленту на каждом этаже. Поперечный транспортер направляет помет за пределы птичника. Клеточная батарея может быть оснащена системой для подсушки помета. Для этого задние стенки клеток заменяются пластиковыми воздуховодами, в которые подается воздух, предварительно подогретый в теплообменниках. Воздуховоды расположены так, что воздух сверху обдувает помет на ленте. Благодаря сушильной установке повышается содержание сухого вещества помета до 60%, накапливая его на ленте до 12 дней. Это дает экономическое преимущество, так как отпадает необходимость ежедневно очищать батареи. Для хранения сухого помета требуется меньше складских помещений. Он сыпучий, а это позволяет равномерно вносить его в почву с помощью дисковых разбрасывателей. Еще одним достоинством батареи с подсушкой помета является то, что подогретый воздух также постоянно подается в место содержания птицы [79].

3 ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

3.1 Теоретические и методологические основы развития технического сервиса оборудования

3.1.1 Объективные предпосылки развития технического сервиса в условиях рынка

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 оборудование выйдет из строя?

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

3. Какие потребуются средства на устранение отказов и возможные потери продукции?

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

5. Не лучше ли приобрести дешевое (бывшее в употреблении) оборудование, если потери от его простоев из-за отказов приведут к невыполнению планов производства продукции?

Дилеры зарубежных фирм, производящие оборудование, наибольшую прибыль получают не от продажи, а от предоставления сервисных услуг. Машины и оборудование импортного производства стабильно пользуются высоким спросом, несмотря на то, что их стоимость в 3–5 раз выше, чем у отечественной техники высокого уровня (с использованием 10–15% импортных комплектующих). Причин стабильно высокого спроса на импортную продукцию несколько. Иностранные банки и правительства активно кредитуют сво-

их машиностроителей, и те могут позволить себе продавать технику в рассрочку, на льготных условиях, по приемлемым для потребителей схемам.

Очевидно, что технический уровень значительной доли отечественных машин низок. При большей массе они имеют меньшую мощность и производительность, а такие показатели, как ресурс до списания и наработка на отказ у них на 25-30% ниже аналогичных показателей техники зарубежного производства. Кроме того, отечественное животноводческое оборудование существенно уступает зарубежным аналогам и по причине несоблюдения требований международных норм эргономики, экологии и дизайна.

Из-за рубежа ввозятся не только новые, но и бывшие в употреблении машины. Рынок вторичной техники импортного производства в последние годы значительно оживился. В настоящее время на нем активно работают посредники, занимающиеся перепродажей поддержанной техникой после капитального ремонта, выполненного сервисными предприятиями. Приобретение поддержанной техники часто является правильным решением, особенно в условиях развивающейся экономики. Во всем мире торговля такими машинами приобретает все большее значение. В некоторых странах до 20% всего рынка оборудования приходится на бывшую в употреблении технику.

Причин здесь несколько. Во-первых, с помощью поддержанного оборудования можно быстрее начать свое дело. Во-вторых, оно значительно дешевле. И очень часто фирмы, прежде всего в развивающихся и экономически относительно слабых государствах (Латинская Америка, Восточная Европа), на стадии становления и организации производства используют именно поддержанные машины. По сравнению с отчасти устаревшей собственной техникой такие машины и установки импортного производства все-таки шаг вперед. В этих странах спрос на бывшее в употреблении оборудование даже превышает спрос на новое.

На рынке вторичного оборудования традиционным и устойчивым спросом пользуется немецкая техника. Важнейшие преимущества бывшей в употреблении техники из Германии – сравнительно небольшой возраст и хороший уход в период эксплуатации. Конкуренцию немецкому оборудованию составляет техника из Италии, Швейцарии, Нидерландов и Бельгии. Впрочем, сегодняшние позиции импортной техники нельзя считать абсолютно неуязвимыми.

Совершенствование конструкций животноводческого оборудования идет по пути усложнения составных частей, роста энергооборуженности, автоматизации и уровня компьютеризации. Все это влечет за собой усложнение сервиса. Без его должной организации потребитель будет страдать – ведь сложную технику без специальной подготовки, оборудования и инструмента отремонтировать, а уж тем более восстановить, практически не смогут даже легендарные «народные умельцы». Сегодня потребителю необходима гарантия незамедлительного и качественного устранения проявляющихся в процессе эксплуатации технических неполадок. Заказчик заинтересован, чтобы техника как можно меньше простаивала по техническим причинам и в первую очередь уменьшились простои в период плановых и аварийных ремонтов. В этой связи перед товаропроизводителями, использующими животноводческое оборудование, возникли следующие вопросы:

- создавать собственную систему ремонта и обслуживания, а значит, самим закупать оборудование и инструмент, организовывать поставки из-за рубежа, формировать складской запас запасных частей, готовить кадры и так далее;

- пользоваться услугами предприятий, которые ремонтируют технику, используя самые дешевые комплектующие, не утруждая себя восстановлением агрегатов и узлов, что, как правило, обеспечивает очень малый ресурс машин после ремонта;

- привлекать уже готовые ресурсы специализированных сервисных организаций, располагающих собственной производственной базой и имеющих в своем составе подразделения, организующие поставки как оригинальных, так и от известных оптовых поставщиков комплектующих, а самим сконцентрировать свои усилия на том, что приносит доход.

Практика показывает – хозяева дорогостоящей импортной техники все менее охотно доверяют ее ремонт собственным техническим службам, а также сторонним организациям и тем более частным лицам, ремонтирующим технику, что называется, «на коленках». Безответственное решение производственных задач «любой ценой» становится достоянием прошлого.

Не готовы в полной мере взять на себя заботу о реализованной ими на отечественном рынке технике дилеры ведущих мировых производителей. Часть из них, продавая технику, заведомо перекладыва-

ют заботы по ее ремонту и техническому обслуживанию на потребителя. А гарантийное, и уж тем более послегарантийное, обслуживание воспринимают как тяжкую, выполняемую без особого желания повинность. Многие из представленных в республике торговых марок имеют в штате своих представительств в лучшем случае несколько сервисных инженеров, способных устранить мелкие неисправности или произвести плановое техническое обслуживание в виде замены отдельных элементов.

Будущее отечественного рынка сервиса импортного животноводческого оборудования за специализированными дилерскими центрами, имеющими разветвленную сеть филиалов по всей территории республики и за ее пределами, располагающими штатом высококвалифицированных менеджеров, сервис-инженеров и механиков, прошедших обучение в фирменных центрах или специальных комплексных учебных заведениях. Именно такие организации позволят повысить эффективность эксплуатации парка машин и оборудования как новых, так и имеющих большие сроки службы.

Одной из объективных предпосылок развития технического сервиса животноводческого оборудования (в особенности доильного и холодильного) в нашей стране является то, что значительное его количество отслужило 2–3 нормативных срока (5–7 лет) и требует полной замены (рис. 3.1.1).

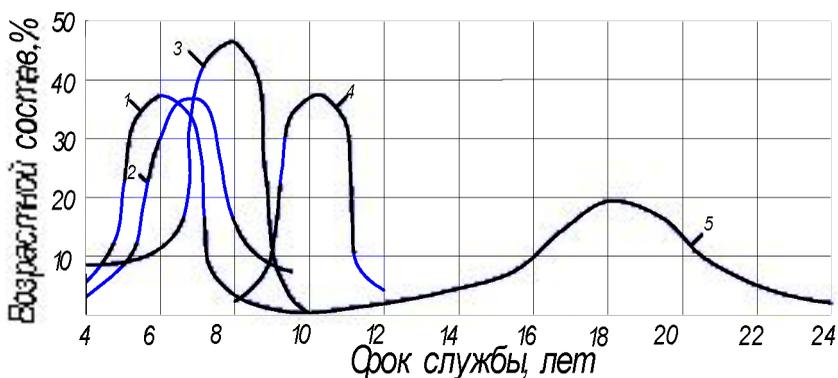


Рисунок 3.1.1 Распределение сроков службы:

1–3 – амортизационные сроки машин расчетного парка, молочной фермы и комплекса КРС соответственно; 4 – амортизационные сроки зарубежных машин; 5 – фактические сроки службы

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 фермы [83, 84].

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. Фактически 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 в товарообмене реализуемой товаропроизводителями сельхозпродукции на промышленные ресурсы и услуги на основе паритета цен.

Рост производства продукции животноводства невозможно 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, дру-

гие выполняли услуги (в основном централизованно) по снабжению необходимой техникой, агрегатами, узлами, запасными частями, третьи производили техническое обслуживание и ремонт техники, четвертые – обучение кадров и 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 и 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.

Так, ряд специалистов считают, что под техническим сервисом следует понимать «комплекс услуг, вытекающий из условий маркетинга и позволяющий удовлетворять потребности при одинаковой заинтересованности партнеров». При этом, в основе экономических взаимодействий всех субъектов технического сервиса лежит экономическая целесообразность заключения сделок на основе договоров и свободной купли-продажи работ и услуг. В международной практике машиноиспользования технический сервис рассматривается как комплексная услуга потребителю в приобретении, использовании, обслуживании и ремонте средств механизации. Гармоничное развитие всех составляющих технического сервиса обеспечивает выгодные условия производственной деятельности всем его участникам: изготовителям машин, их потребителям и посредникам.

В экономической литературе встречаются различные определения технического сервиса. Технический сервис определяют как совокупности услуг по обеспечению производства машинами, оборудованием и приборами, эффективному использованию и поддержанию их в исправном состоянии в период эксплуатации. В ряде других работ под техническим сервисом понимается комплекс услуг по обеспечению потребителя машинами, эффективному использованию и поддержанию их в исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации, включая утилизацию, или комплекс услуг по комплектованию парка машин техникой, запасными частями и обеспечению эффективной эксплуатации техники (использование, поддержание в

исправном состоянии, восстановление). При этом под услугами (англ. services) понимаются виды деятельности работ, в процессе выполнения которых не создается новый, ранее не существовавший продукт, но изменяется качество уже имеющегося, созданного продукта. Другими словами, это блага, предоставляемые потребителям не в виде вещей, а в форме деятельности производителя.

Так, к услугам технического сервиса относятся:

- изучение потребностей и платежеспособного спроса потребителей на машины, оборудование и услуги;
- реклама машин, оборудования, услуг;
- организация и выполнение услуг по обеспечению потребителя машинами, оборудованием, запасными частями к ним, материалами (обеспечение потребителя машинами и оборудованием может осуществляться в форме продажи в собственность, передачи в аренду);
- купля-продажа, в том числе по лизингу, новых и поддержанных машин и оборудования, хранение и доставка потребителям;
- предпродажная подготовка машин и оборудования: досборка, регулирование, обкатка, заправка топливом, смазочными материалами; монтаж, пуско-наладка технологических комплексов;
- организация и выполнение технического обслуживания, хранения и ремонта машин в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации, восстановление изношенных и изготовление новых деталей, утилизация машин и оборудования;
- доставка машин и оборудования в ремонт и из ремонта;
- организация и эффективное использование машин, оборудования, аренда, прокат, подряд на выполнение механизированных работ и т. д.;
- обучение потребителя правилам эксплуатации машин и оборудования;
- обеспечение потребителей нормативно-технической документацией, учебной и другой технической литературой, оборудованием для эксплуатации - технического обслуживания, хранения, ремонта, диагностирования.

В качестве одной из разновидностей услуг технического сервиса большое распространение за рубежом получил фирменный технический сервис, означающий технический сервис, в выполнении которого участвует изготовитель машин. Целью фирменного технического сервиса является обеспечение потребителям получения наиболь-

шего экономического эффекта от использования техники. Фирменный технический сервис может осуществляться: заводом-изготовителем (его подразделением); отдельным производственным предприятием на основе договора с делегированием ему изготовителем прав по техническому сервису; техническим центром или другим совместным предприятием, учреждаемым с участием изготовителя.

Возрастающее значение сервиса потребителей оборудования обусловливается следующими факторами:

- ростом сложности животноводческого оборудования, требующей квалифицированного эксплуатационно-ремонтного персонала;

- темпами морального старения оборудования, связанными с ускорением научно-технического прогресса и необходимостью проведения вынужденной модернизации;

- ужесточением нормативных показателей качества технологического оборудования вследствие изменения ситуации в отношениях между потребителем и производителем;

- истощением недр природных ресурсов и возрастанием 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 оборудовании, приборах, приспособлениях, инструменте и организации работ по техническому обслуживанию и ремонту. 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 потребителю и исполнителю услуг. Работы технического сервиса выполняются на основе добровольно заключенных договоров.

3. Использование методов маркетинга в деятельности предприятий технического сервиса. Узкая специализация деятельности предприятий технического сервиса, сложившаяся в дореформенный период, не отвечает требованиям рыночных отношений, поэтому предприятия технического сервиса должны расширять круг оказываемых услуг и удовлетворять постоянно растущие требования пользователей техникой.

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, диспаритете цен на машины, оборудование, энергоресурсы. Для обеспечения положительной репутации и расширения объема продаж технических средств изготовители организуют информацию, продажу и сопровождение своей продукции, обеспечивая эффективное ее использование, хранение и исправность в продолжении всего периода эксплуатации. Для этого изготовители создают дилерские предприятия, центры фирменного технического сервиса, торговые дома, дочерние сервисные фирмы.

6. Государственное регулирование и поддержка технического сервиса. Технический сервис во времени характеризуют гарантийный и послегарантийный периоды. В гарантийный период – наиболее ответственный в системе технического сервиса – изготовители или их дилеры обеспечивают подготовку к эксплуатации оборудования, проведение пуско-наладочных работ и профилактические осмотры, устранение неисправностей, выявленных в начальный период эксплуатации машин, и поставки запасных частей.

В послегарантийный период изготовители на договорной основе с покупателем проводят плановые операции технического обслуживания, осуществляют текущий и капитальный ремонты, оказывают помощь по модернизации оборудования, инструктируют и обучают обслуживающий персонал.

3.1.2 Организационно-экономические основы развития и совершенствования технического сервиса

В современных условиях особая роль в системе технического сервиса отводится ремонтно-обслуживающей базе, которая включает в себя здания, сооружения, оборудование, приборы, инструмент, передвижные средства по техническому обслуживанию и ремонту. Основу системы технического сервиса составляет 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.

Техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования осуществляется силами хозяйств, районных станций технического обслуживания и межрайонных (региональных) специализированных предприятий. Рациональное распределение объемов работ между предприятиями технического сервиса, надлежащая их техническая оснащенность и правильная организация технологического процесса ремонта и технического 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, как 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.

В сельском хозяйстве Республики Беларусь сложилась планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта,

которая распространяется на все виды сельскохозяйственной техники. Ее сущность заключается в том, что необходимый уровень надежности машин и механизмов поддерживается в течение всего срока службы комплексом профилактических воздействий и текущих ремонтов. Восстановление же технического ресурса достигается капитальным ремонтом полнокомплектных машин и их составных частей.

Технической и организационной основой планово-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 показана на рис.3.1.2.

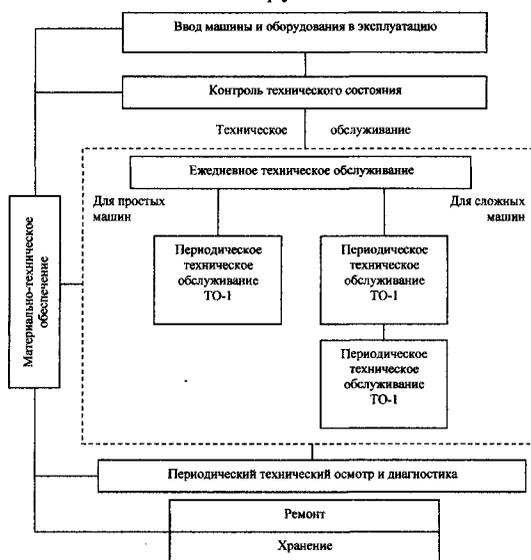


Рисунок 3.1.2 Организационно-структурная схема технического обслуживания и ремонта животноводческого оборудования

Из схемы видно, что техническая исправность механизмов обеспечивается рядом ремонтных и ремонтно-профилактических 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 уровня. 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 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.

Периодическое техническое обслуживание включает все операции ежедневного технического обслуживания 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 1-3 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 использова-

ния 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 должны участвовать представитель Главгостехнадзора, главный инженер хозяйства или лицо, им уполномоченное, в присутствии заведующего фермой и слесаря. В зависимости от хозяйственных условий техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования могут осуществляться:

1. 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.

2. 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.

3. Силами агросервисных предприятий районного и областного уровней, выполняющими 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. Здесь наиболее гармонично сочетается совместная ответственность хозяйств и районных агросервисных предприятий за техническую готовность и бесперебойную работу оборудования ферм. 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 фермских машин; 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 за выполнением в полном объеме ежедневных технических обслуживаний операторами ферм.

Развитие системы технического обслуживания и ремонта животноводческого оборудования во многом предопределяется принятой стратегией его сервисного сопровождения. Различают три стратегии технического обслуживания и ремонта: восстановление работоспособности после отказа; планово-предупредительные ремонтно-обслуживающие работы, проводимые по жесткому графику, привязанному либо к календарному времени, либо к тем или иным измерителям наработки; 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 смыслу, превентивный характер (замена сосковой резины, масла, текстолитовых лопаток вакуумных насосов, фильтрующих элементов).

При применении 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:

$$\lambda(T_p) \sum_0^{T_p} [1 - F(t)] dt - F(T_p) = C/\Delta C \quad (3.1.1)$$

где $\lambda(T_p)$ – интенсивность отказов $\lambda(t)$ при $t = T_p$; $f(t)$ и $F(t)$ – плотность и функция распределения наработки до отказа соответственно; C – затраты на предупредительную замену (ремонт); ΔC – потери при отказе.

Помимо оптимальной периодичности ремонта, в стратегии 2 учитывается и степень восстановления исходного ресурса, то есть отношение межремонтного ресурса к доремонтному. Следует отметить, что существующие нормативы планово-предупредительной системы ремонта и технического обслуживания животноводческого оборудования устанавливают периодичность ТО календарным временем, которое остается постоянной для всех категорий машин независимо от их срока службы, несмотря на то, что надежность бывших в ремонте значительно ниже надежности новых. При этом не учитывается их технологическая наработка, режим и конкретные условия эксплуатации. Это обстоятельство еще более усугубляется тем, что планирование ТО по времени ведет к тому, что новые машины поступают на обслуживание преждевременно, а проработавшие несколько лет – с опозданием.

Установленная единая периодичность ТО фермской техники по ее категориям не способствует своевременному его проведению, не отражает реальное техническое состояние оборудования. Периодичность выполнения ТО, выраженное календарным временем, более присуща машинам и оборудованию, находящимся на хранении.

Оптимальная периодичность технического обслуживания должна наиболее и объективно отражать режимы и объемы выполненных работ, расходы энергии, затраты материальных средств, а также реальное состояние машин. При этом обобщающим показателем, позволяющим получить достоверную информацию с учетом различных факторов, могут служить энергозатраты, выраженные расходом электроэнергии.

Регламентная стратегия технического обслуживания и ремонта

постепенно вытесняется из практики другой, которая базируется на контроле технического состояния машины или оборудования с использованием диагностических средств. Это обусловливается ее недостатками, которые очевидны из анализа уравнения (1). Так, функции $f(t)$ и $F(t)$ описывают надежность не конкретной машины, по отношению которой подготавливается управленческое решение, а надежность всего парка таких машин в прошлом. Кроме того, что для интересующего нас 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 (3.1.1), 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 осуществить 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_ϕ , числа проверок K_p , 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:

$$G = 0 \leq D_0 \leq 1 \frac{AQ + C(1-Q) + BK_n}{T_\phi}, \quad (3.1.2)$$

где Q , K_n , T_ϕ – функции от D_o 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:

$$U(t) = U_1(t) - \Delta\Pi = Vt^\alpha + Z(t), \quad (3.1.3)$$

где V – показатель скорости измерения параметра под влиянием внутренних конструктивных факторов; t – наработка; α – показатель степени, определяющий характер изменения параметра; $Z(t)$ – случайная стационарная гауссовская функция, учитывающая внешние эксплуатационные факторы; $\Delta\Pi$ – показатель, характеризующий приработку.

Эффективная стратегия эксплуатации животноводческого оборудования с выработанным ресурсом 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 постоянного 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 оборудования, как практически и всех технических систем, зависит от вре-

мени. Эта зависимость характеризуется тремя основными периодами (рис. 3.1.3).

Зона « $0 - t_1$ », связанная с уменьшением интенсивности отказов $\lambda(t)$, скорости изнашивания и удельных энергозатрат, называется периодом приработки. Именно в этот период наиболее отчетливо проявляются дефекты деталей, приобретенные в результате ошибок на этапах конструирования, производства и эксплуатации [141].

Основная доля дефектов, как правило, связана с производственными ошибками: несоблюдением техпроцесса, износом станков и оборудования, неудовлетворительным качеством материалов и комплектующих и другие. 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.

Зона « $t_1 - t_2$ » соответствует периоду установившихся режимов эксплуатации и характеризуется стабилизацией интенсивности отказов. Расходы на ремонт и энергозатраты в этот период минимальны. На этом участке $\lambda(t) \approx const$, то есть имеет место экспоненциальный закон распределения контролируемых параметров работы машин.

По мере накопления остаточных деформаций и износа несущих поверхностей деталей, нарушается нормальная работа триботехнических сопряжений, увеличивается коэффициент трения K и растут удельные энергозатраты Θ (рис 3.1.3 б). Начиная с момента t_2 , оборудование вступает в третью зону эксплуатации — ускоренного старения, при котором интенсивность отказов возрастает, точка перелома, как правило, связана с наступлением предельного состояния.

Для определения верхнего предела области изменения удельных затрат на ремонт и, соответственно, периода нахождения машины в эксплуатации, ограниченной пределом существования механической системы, необходимо определить значение ординаты характерной точки перелома λ характеристики. Можно принять, что физико-механические свойства, являясь случайной величиной с диапазоном рассеяния от S_{M1} до S_{M2} , в ходе эксплуатации по мере развития процессов старения ухудшаются и математическое ожидание значений этих свойств (рис. 3.1.3а, линия В) падает.

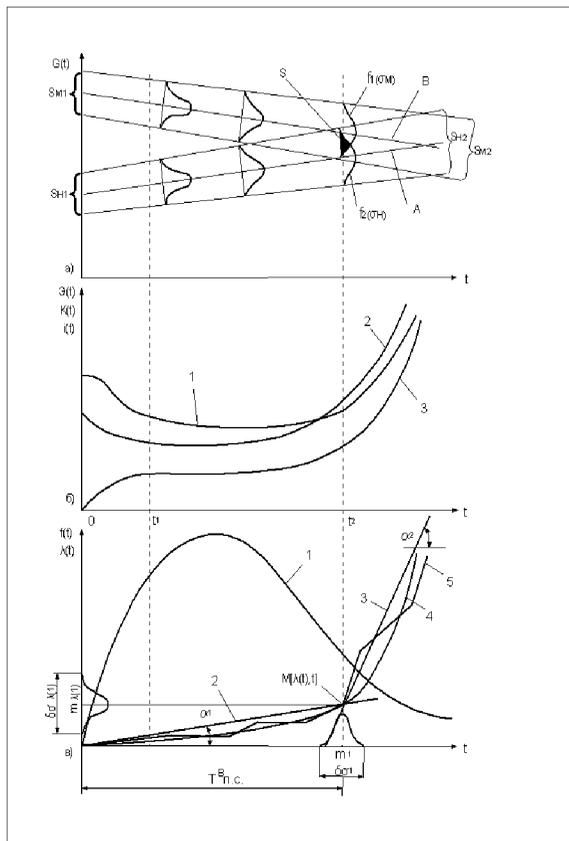


Рисунок 3.1.3 Характер процессов старения узлов и деталей:
 а) закономерности изменения физико-механических свойств материалов и удельных нагрузок в процессе старения типовых элементов машин; б) изменение технико-экономических эксплуатационных показателей типовых элементов машин в процессе их старения (1 – коэффициент трения K ; 2 – энергозатраты \mathcal{E} ; 3 – абсолютный износ i ; в) вероятностно-статистические характеристики надежности для определения межремонтного периода типовых элементов машин (1 – $f(t)$; 2 – $\lambda_1(t) = t_j t g \alpha_1$; 3 – $\lambda_2(t) = t_j t g \alpha_2 - b_1$; 4 – $\lambda(t)$; 5 – $\lambda^*(t)$)

Возрастающая удельная нагрузка, воздействующая на изделие, также является случайной величиной с начальным рассеиванием S_{H1} и последующим его возрастанием до S_{H2} , а математическое ожидание (рис. 3.1.3 а, линия A) изменяется во времени, что также связано с развитием процессов старения. Очевидно, что отказы из-за старения произойдут в области перекрытия S распределений $f_1(\sigma_M)$ и $f_2(\sigma_H)$ с определенной вероятностью отказов.

Характерная точка $M[\lambda(t), t]$ перелома эмпирической λ^* характеристики, как правило, соответствует области перекрытия распределений $f_1(\sigma_M)$ и $f_2(\sigma_H)$ и объясняется нарастающим во времени удельным нагружением деталей и снижением их несущей способности, приводящим к соответствующим отказам. Точка перелома на кривых интенсивностей отказов, как правило, располагается в правой части кривой распределения (рис. 3.1.3 в).

Таким образом, очевидно, что эффективный период восстановления нормированного состояния системы связан с зоной ускоренного старения – $M[\lambda(t), t]$. Наличие характерной точки перелома зависимости $\lambda^*(t)$ позволяет выявить период установившихся процессов старения и этим предотвратить эксплуатацию в третьей зоне, характеризующейся возрастающей интенсивностью отказов, увязав межремонтный период с этой точкой, и решить рассматриваемую задачу в случае нормального закона и закона распределения Вейбулла сопоставлением и исследованием статистических зависимостей $\lambda^*(t)$ и $f^*(t)$.

При явно выраженной корреляции роста затрат на ремонт с интенсивностью отказов (рис. 3.1.3 б) определяемая величина верхнего предела периода эксплуатации T_{nc}^a (рис. 3.1.3 в) на основе статистических моделей состояния будет адекватна моменту постановки оборудования на ремонт по критериям минимизации ремонтных затрат и энергосбережения.

С целью определения координаты характерной точки перелома $M[\lambda(t), t]$ (рис. 3.) общая совокупность $\lambda^*(t)$ разбивается на две – i и j совокупности, причем соотношение соседних (по интервалам)

величин эмпирической интенсивности отказов принимается $\lambda_i(t)/\lambda_j(t) \geq 2$ и составляются два линейных уравнения:

$$\begin{cases} \lambda_i(t) = y_1(t_i, \operatorname{tg} \alpha_i) \\ \lambda_j(t) = y_2(t_j, \operatorname{tg} \alpha_j) \end{cases} \quad (3.1.4)$$

Совместное решение этих уравнений позволяет определить оптимальную величину периода эксплуатации с заданным уровнем доверительной вероятности на основе статистических данных о работе машины.

Таким образом, в предлагаемой адаптивной системе ремонта согласуются периодичность ремонта с закономерностями изменения технико-экономических эксплуатационных показателей машин. Система ремонта будет полностью соответствовать реальному состоянию парка оборудования предприятия при ведении постоянного сбора, учета и обработки информации о надежности машин, 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 критериям минимизации ремонтных затрат и энергосбережения.

Для определения момента выхода энергозатрат за установленные пределы необходимо в предложенную адаптивную систему восстановления включить элементы диагностирования, что по существу создает основу для мониторинга технических параметров машины и позволяет исключить необратимость процесса старения благодаря определению верхнего предела предельного состояния.

Решение задачи определения моментов диагностирования предельного состояния сводится к определению таких моментов времени $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$, которые оптимизируют величину полных затрат от отказов и от проведения диагностирования. Стоимостная величина энергозатрат в описанной ситуации может быть найдена как

$$C = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{X_k}^{X_{k+1}} [C_1(k+1) + C_2(X_{k+1} - t)] dF(t) \quad (3.1.5)$$

причем решение удовлетворяет условию

$$X_{k+1} - X_k + \frac{C_1}{C_2} = \frac{F(X_k) - F(X_{k+1})}{F(X_k)}, \quad (3.1.6)$$

где $k = 1, 2, \dots$ – порядковый номер диагностирования; X_k – моменты наступления диагностирования; C_1 – потери от выхода эксплуатационных параметров за установленные нормы; C_2 – затраты на диагностику; F – закон распределения контролируемых параметров в интервале времени $[0, T_{nc}^e]$.

Пользуясь минимаксным методом и обозначив конечное число моментов диагностирования через n , получаем выражение для определения момента диагностирования

$$X_k = \frac{kX_{nc}^e}{n} + k(n-k) \frac{C_1}{2C_2}, \quad k = \bar{0}, \bar{n}. \quad (3.1.7)$$

Число моментов диагностирования n выбирается как наибольшее целое число, удовлетворяющее следующему неравенству

$$n(n-1) < 2 \frac{C_2 T}{C_1}. \quad (3.1.8)$$

После того, как n выбрано, определяются моменты проведения диагностирования $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$, соответствующие условию (5). Рассчитанное оптимальное число моментов диагностирования позволяет при любой интенсивности изменения технического состояния на участке эксплуатации в интервале $[0, T_{nc}^e]$ установить оптимальную продолжительность эксплуатации за межремонтный период, ремонтный цикл и срок службы по критериям минимизации ремонтных затрат и энергосбережения.

На основе анализа изменений измеренных диагностических параметров можно предсказывать необходимость и планировать сроки проведения ремонта, то есть ремонтировать не все подряд, а только действительно нуждающиеся в этом агрегаты. Такой вид обслуживания называется «предупредительным», или «ремонт по фактическому техническому состоянию» (РФС).

Основная идея РФС состоит в устранении отказов оборудования путем применения метода распознавания технического состояния по совокупности диагностических признаков. Его основное достоинство — минимизация ремонтных работ (за счет исключения ремонта бездефектных узлов) и увеличение (на 25–40%) межремонтного ресурса по сравнению с ППРТОЖ.

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 его составных частей.

Доильное и холодильное оборудование является упорядоченной структурой взаимодействующих элементов, которое измеряется структурными параметрами (линейными, электрическими, химическими). В процессе эксплуатации эти параметры изменяют свои значения.

Возможность прямого измерения структурных параметров доильной установки без ее частичной разборки ограничена. Поэтому определение технического состояния установок упрощают диагностические параметры. Это косвенные величины, связанные со структурными параметрами и несущие достаточную информацию о техническом состоянии установки.

Техническое состояние механизма проявляют 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. 3.1.4).

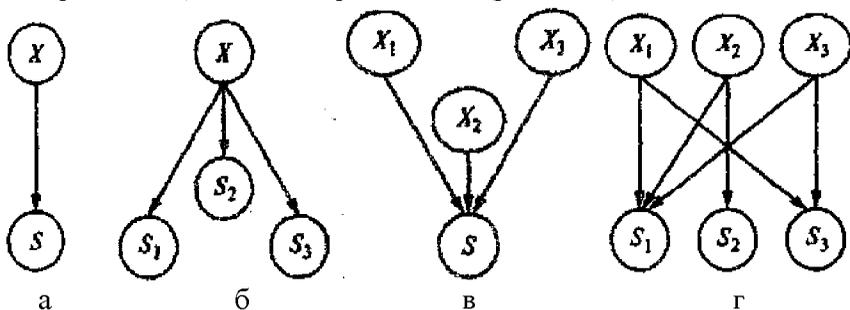


Рисунок 3.1.4 Связи диагностических и структурных параметров:
 а) – единичные; б) – множественные; в) – неопределенные;
 г) – комбинированные

Доильные и холодильные установки можно представить в виде произвольно соединенных элементов, каждый из которых может находиться в исправном или неисправном состоянии.

Структуру доильной ($S_{\text{дв}}$) и холодильной (S_x) установок можно представить в виде граф-моделей (рис. 3.1.5–3.1.6), а ее техническое состояние укрупнено в виде состояний комплектующих элементов.

$$\begin{cases} S_{\text{дв}} = F(S_{\text{да}}, S_{\text{мес}}, S_{\text{ив}}) \\ S_{\text{да}} = f(S_n, S_k, S_{\text{ш}}, S_{\text{ос}}, S_{\text{сп}}, S_{\text{кс}}) \\ S_{\text{мес}} = f(S_T, S_{\text{кр}}, S_{\text{ер}}, S_{\text{млн}}, S_{\text{мл}}, S_{\text{ф}}, S_{\text{но}}) \\ S_{\text{ив}} = f(S_{\text{ен}}, S_{\text{эд}}, S_{\text{кп}}) \end{cases} \quad (3.1.9)$$

$$\begin{cases} S_x = F(S_{\text{ТПБ}}, S_{\text{енд}}, S_{\text{ид}}) \\ S_{\text{ТПБ}} = f(S_m, S_k, S_c, S_{\text{тб}}, S_{\text{км}}, S_m) \\ S_{\text{енд}} = f(S_{\text{мп}}, S_a, S_{\text{конд}}, S_{\text{ф}}, S_{\text{рес}}, S_{\text{мен}}, S_{\text{исн}}, S_{\text{рвд}}, S_{\text{рид}}) \end{cases} \quad (3.1.10)$$

Диагностические параметры имеют начальные (или номинальные) величины, соответствующие исправному состоянию объекта $S_{n1}, S_{n2}, \dots, S_{nn}$, предельные, соответствующие границе перехода в класс неисправных состояний $S_{n1}, S_{n2}, \dots, S_{nn}$, и упреждающие (допустимые) $S_{y1}, S_{y2}, \dots, S_{yn}$. Постановка диагноза состояния узлов практически определяется 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, то есть $S > S_n$ 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 $S_1, S_2, S_3 \dots S_n$ параметрами можно выразить системой из n уравнений (где n – число структурных параметров X , связанных с m измеряемых диагностических параметров), описывающих возможные состояния объекта

$$\begin{cases} X_1 = f_1(S_1, S_2, \dots, S_m) \\ X_2 = f_2(S_1, S_2, \dots, S_m) \\ \dots \dots \dots \\ X_n = f_n(S_1, S_2, \dots, S_m) \end{cases} \quad (3.1.11)$$

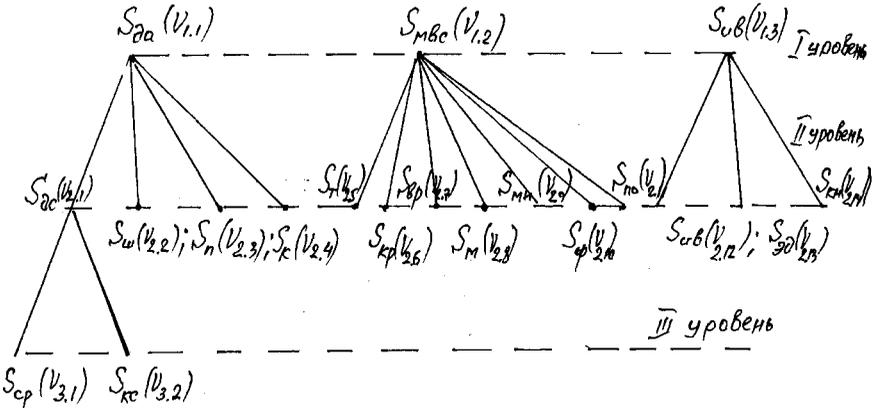


Рисунок 3.1.5 Граф-модель диагностирования доильной установки:

$S_{да}$ – доильный аппарат; S_n – пульсатор; S_k – коллектор;
 $S_{ш}$ – шланги; $S_{дс}$ – доильный стакан; $S_{сп}$ – сосковая резина;
 $S_{кк}$ – корпус стакана; $S_{мвс}$ – молоковакуумная система; S_T – трубопроводы; $S_{кр}$ – краны; $S_{р}$ – регулятор; $S_{мн}$ – молокоприемник;
 $S_{мн}$ – молочный насос; $S_{ф}$ – фильтр; $S_{но}$ – пластинчатый охладитель; $S_{ив}$ – источник вакуума; $S_{вн}$ – вакуумный насос; $S_{дв}$ – электродвигатель; $S_{кл}$ – клиноременная передача

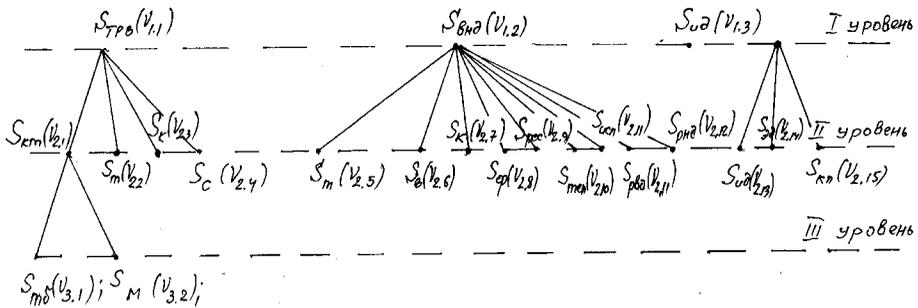


Рисунок 3.1.6 Граф-модель диагностирования холодильной установки:

$S_{ТРВ}$ – термовентиль; S_m – толкатели; S_k – клапана; S_c – сальники; $S_{мб}$ – термобаллон; $S_{км}$ – капиллярная трубка; S_m – мембрана; $S_{внд}$ – холодильный контур; $S_{мп}$ – трубопроводы; S_v – вентили; $S_{конд}$ – конденсатор; S_f – фильтр; $S_{рес}$ – ресивер; . . . – теплообменник; $S_{исп}$ – испаритель; $S_{ред}$ – реле высокого давления; $S_{рнд}$ – реле низкого давления; $S_{ид}$ – источник давления; $S_{ком}$ – компрессор; $S_{зо}$ – электродвигателя; $S_{кп}$ – клиноременная передача

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. 3.1.7). 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. Регламентация периодичности базируется на контроле допустимых износов и прогнозировании остаточного ресурса деталей и соединений в течение срока службы оборудования. Существуют три 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 интенсив-

ного выхода из строя (удары, интенсивное изнашивание поверхностей, вибрация); 3) характеристики машины или его механизмов выходят за допустимые или рекомендуемые пределы (падает производительность, снижается коэффициент полезного действия, увеличивается шум).

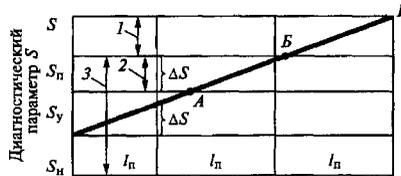


Рисунок 3.1.7 Формирование нормативов периодичности ТО:

1 – зона безотказного состояния, обеспечивающая оптимальный риск отказа; 2 – запас исправной работы, соответствующий междиагностическому отрезку времени; 3 – зона работоспособного, исправного состояния

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_{oon}) будут меньше или равны предельным (U_{max}), так как деталь не должна выйти из строя в течение последующего межремонтного периода. Если межремонтный период длительный, то есть время между двумя плановыми ремонтами T_1 , значит за это время износ детали увеличится на γT_1 , (где γ – интенсивность (скорость) изнашивания). Допустимый износ, начиная с которого при периодических ремонтах необходимо ремонтировать деталь, определяют из системы уравнений:

$$\begin{cases} U_{oon} = U_{max} - \gamma T_1 \\ \gamma = U_{oon} / T \\ U_{oon} = U_{max} - \frac{U_{oon} T_1}{T} \end{cases} \rightarrow U_{oon} = \frac{U_{max}}{1 + \frac{T_1}{T}} \rightarrow U_{oon} = U_{max} \frac{K}{K + 1} \quad (3.1.12)$$

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 общей формуле (рис. 3.1.8а).

$$T_m = \frac{(\Delta_{пред} - \Delta_0) - (h_1 + h_2)}{C_{1ycm} + C_{2ycm}}, \quad (3.1.13)$$

где $h_1 = (C_{1np} - C_{1ycm})k_1$; $h_2 = (C_{2np} - C_{2ycm})k_2$; $\Delta_{пред}$ – предельно допустимый зазор в сопряжении по документации, мкм; Δ_0 – начальный зазор в сопряжении, мкм.

Ресурсы большинства деталей подчиняются нормальному закону (рис. 3.1.8б). При этом применяют различные варианты периодичности замен сменяемых конструктивных деталей: при $t = T_m$, то есть к моменту выработки среднего ресурса, или при $t \leq T_1 = T_m - 3\sigma$, чтобы не допустить отказов и unplanned замен. Если исчерпывают ресурс детали, то период замены выбирают равным $t \geq T_m + 3\sigma = T_2$. Если задано требование, чтобы между двумя плановыми заменами было не больше $(100 - \gamma)$ процентов отказов, то период замены принимают равным $t = T - U\sigma$ (где U – квантиль нормального распределения, соответствующий γ -процентам). Методика определения периодичности предупредительных замен основывается на правиле групповых замен при условии некоторого недоиспользования ресурса деталей, то есть установлении γ -процентного ресурса (при $\gamma \geq 50\%$). Для определения γ -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 γ -процентных ресурсов трущихся деталей и числа профилактических осмотров используют для построения структуры ремонтного цикла. Ремонтным циклом называют период работы оборудования между двумя капитальными ремонтами или период с момента ввода оборудования в эксплуатацию до первого капитального ремонта. Структура ремонтного цикла регламентирует последовательность и чередование видов ремонтных работ в течение указанного периода и обеспечивает совпадение плановых сроков проведения ремонтов с возникновением реальной потребности в них. Она являет-

сы постоянной для однотипного оборудования и не зависит от режимов работы и области его применения.

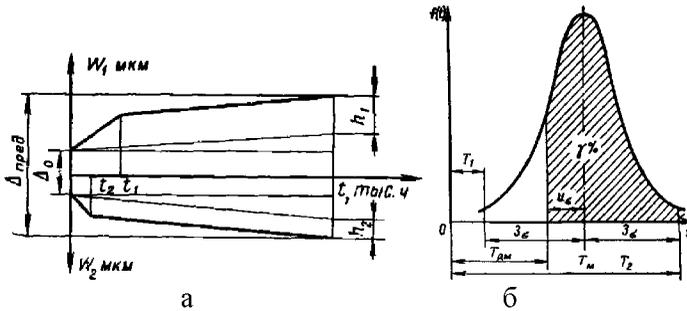


Рисунок 3.1.8 Графические зависимости:

а) график определения ресурса сопряжения (Δ_0 и $\Delta_{пред}$ – начальный и предельно допустимый зазор в сопряжении; б) расчет периодичности предупредительной замены деталей при нормальном законе распределения ресурса: (T_m – математическое ожидание; δ – среднеквадратическое отклонение; T_{pm} – период принудительной замены детали; T_{γ} – γ -процентный ресурс)

Трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования животноводческих ферм определяют по формулам.

$$\begin{cases} T_c = T_{ETO} + T_{TO-1} + T_{TO-2} + T_p \rightarrow T_c = t_{ETO}(N_{ETO} + 0,5N_{ETO}^c) + 1,5(t_{TO-1}N_{TO-1} + t_{TO-2}N_{TO-2}) \\ T_{ETO} = t_{ETO}N_{ETO} \\ T_{TO-1} = t_{TO-1}N_{TO-1} \\ T_{TO-2} = t_{TO-2}N_{TO-2} \\ T_p = 0,5(t_{ETO}N_{ETO} + t_{TO-1}N_{TO-1} + t_{TO-2}N_{TO-2}) \end{cases}$$

где T_{ETO} , T_{TO-1} , T_{TO-2} – годовая трудоёмкость соответственно технических обслуживаний, ч; T_p – годовая трудоёмкость ремонта, ч.; t_{ETO} , t_{TO-1} , t_{TO-2} – трудоёмкость соответственно одного ЕТО, ТО–1 и ТО–2, ч (принимается из типовых норм времени); N_{ETO} , N_{TO-1} , N_{TO-2} – соответственно количество ЕТО, ТО–1 и ТО–2 в год; N_{ETO}^c – количество ЕТО, совпадающих с периодическим техническим обслуживанием.

При этом трудоемкость ремонта принимается в размере 50% от суммарной годовой трудоемкости периодических ТО и сопутствующих операций ЕТО, выполняемых при периодических обслуживании.

Математическая модель технического сервиса парка машин в течение срока его полного обновления учитывает особенности изменения затрат на единицу оборудования в течение срока ее службы. Так, например, серийное доильное и холодильное оборудование за годы выпуска проходит три стадии с присущими им экономическими закономерностями. Первая стадия характеризуется расширением масштабов его выпуска до проектного объема при относительно высоком уровне затрат. Вторая отличается стабилизацией объемов производства оборудования и снижением затрат и цен на него, а третья – постепенным (или в ряде случаев резким) сокращением объемов его выпуска.

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, то $C/T_n + bT_n \rightarrow \min$ (где C – стоимость машины; T_n – нормативный срок службы; b – темп нарастания затрат на сервис машин в течение срока службы). Дифференцируя сумму и, приравняв к нулю производную, получим соотношение $b = C/T_n^2$. Техническое состояние машин зависит от периода эксплуатации парка (рис. 3.1.9а). 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 образцами. Поэтому численность старых образцов 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 (3) определяются зависимостью, учитывающей количество машин n_i определенного (T_i) срока эксплуатации и средний возраст машин T_o .

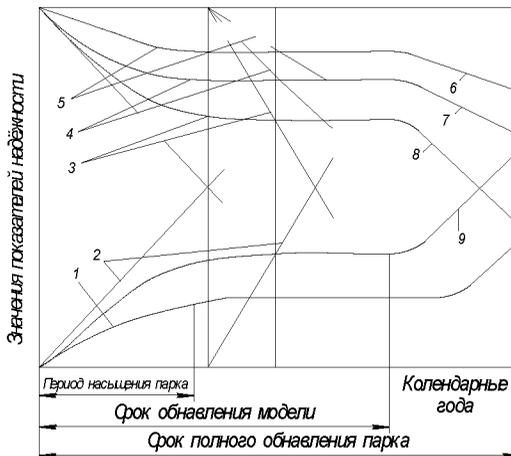
$$3 = (bn_1T_1 + bn_2T_2 + \dots + bn_iT_i)/(n_1 + n_2 + \dots + n_i) = bT_o.$$

Потребность дифференцированных денежных средств на сервис машины выражается формулами $Z = CT_0/T_n^2$ или $Z/C = T_0/T_n^2$.

Интегральные затраты (Z_u) за планируемый период сервисного обслуживания определяются интегрированием дифференциальных затрат и отображаются уравнением параболы

$$Z_u = \int_0^{T_0} ZdT_0 = (C/T_n^2)T_0^2/2 = (C/2)(T_0/T_n)^2 \text{ или } Z_u/C = (T_0/T_n)^2/2.$$

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 формулой $Z_n = NZ = NCC_0/T_n^2$. Интегральные затраты (Z_n^u) парка машин (как функция степени использования нормативного ресурса (T_0/T_n) за планируемый период сервисного обслуживания) определяются (рис. 3.1.9б) параболической зависимостью $Z_n^u = N(C/2)(T_0/T_n)^2/2$. Динамика сервисных затрат парка машин характеризуется тремя периодами. В первом и третьем периодах затраты увеличиваются. Во втором периоде значения показателей стабилизируются. Величина сервисных затрат отражает технический и организационный уровни эксплуатации машин.



а



б

Рисунок 3.1.9 Характеристика парка доильного оборудования:
а) изменение численности парка (1 – доение в ведра; 2 – доение в молокопровод; 3 – доение на площадках; 4 – суммарная численность доильных агрегатов); б) характер изменения показателей надежности парка (1 – возраст парка за срок полного обновления; 2–5 – затраты на устранение отказов, наработка на отказ, коэффициенты готовности и технического использования за срок службы оборудования; 6–9 – эти же показатели за срок полного обновления парка)

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 подготовлена новая методология управления надежностью доильного и холодильного оборудования на всех стадиях его жизненного цикла на основе мониторин-

га технического состояния. В настоящее время учеными БГАТУ разработаны технико-экономические модели старения и критерии оценки состояния доильного и холодильного оборудования, позволяющие обоснованно выбирать межремонтный период, продолжительность ремонтного цикла и срок службы, а также рациональную структуру ремонтного производства. Основным критерием для принятия этих решений становится ее отношение «стоимость-качество ремонта» и «стоимость-надежность» доильного и холодильного оборудования.

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».

Основным методом текущего ремонта машин является агрегатный метод: 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, который сосредотачивается на складах хозяйства (ПТО фермы), технического обменного пункта (ТОП) или станции технического обслуживания оборудования животноводческих ферм (СТОЖ) районного агросервисного предприятия, дилерских центрах районного или регионального уровней и на ремонтных предприятиях.

В хозяйствах, осуществляющих техническое обслуживание своими силами, необходимо иметь посты и общехозяйственный пункт технического обслуживания (рис. 3.1.10), склад обменного фонда агрегатов и запасных частей и 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. За одним слесарем обычно закрепляются два комплексно механизированных коровника на 200 голов каждый.

Для оперативного проведения периодического технического обслуживания, монтажа оборудования и контроля применяются специализированные автопередвижные мастерские ММТОЖ-53, МПР-4844. В комплект мастерской ММТОЖ-53 входят электросварочный агрегат на одноосном автомобильном прицепе ТАПЗ-755, вакуумный насос и генератор, воздушный компрессор и электроинструмент.

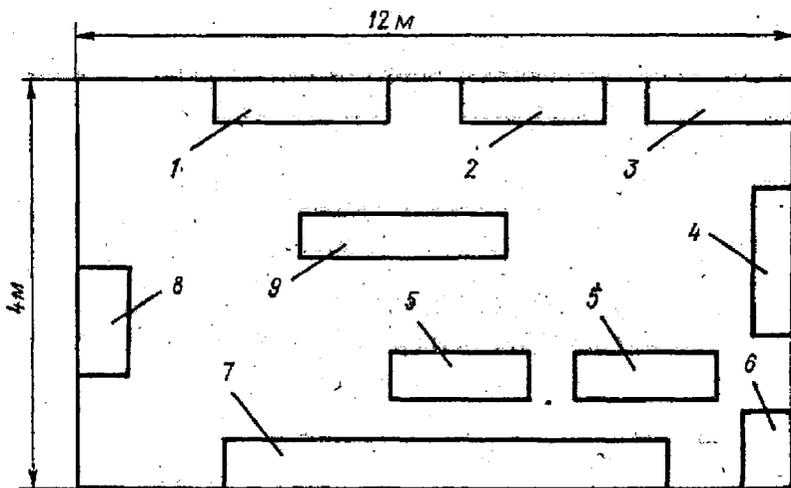


Рисунок 3.1.10 Планировка пункта технического обслуживания:
 1 – стенд обкаточный; 2 – шкаф для сосковой резины; 3, 7 – столы
 ремонтно-диагностические; 4 – шкаф; 5 – ванна; 6 – ларь для порош-
 ков; 8 – участок дезинфекции доильных аппаратов; 9 – стеллажи

Для технического обслуживания и ремонта доильных и молокоохладительных установок районными службами применяются два варианта специализированных мастерских. Они имеют минимальное количество универсальной оснастки общего назначения и наборы специальной оснастки, размещенные в специальных контейнерах. Мастерская У908.83 на шасси ГАЗ-52-01 (рис. 3.1.11а) оснащена двумя контейнерами с комплектом инструмента и приспособлений общего назначения и тремя контейнерами с комплектом инструмента и приспособлений для работ по техническому обслуживанию. Мастерская У9110 (рис. 3.1.12б) оснащается комплектом инструмента и приспособлений общего назначения и контейнером. Оборудование таких мастерских позволяет производить контроль и техническое обслуживание за всеми агрегатами доильных установок, хладоновыми холодильными установками, проверку герметичности соединений холодильных установок, откачку хладона, испытание системы давлением газа, вакуумирование, заправку, контроль технического состояния терморегулирующих вентилей, утечек хладагента, измерять сопротивление изоляции электрических цепей, силу тока и напряжение.

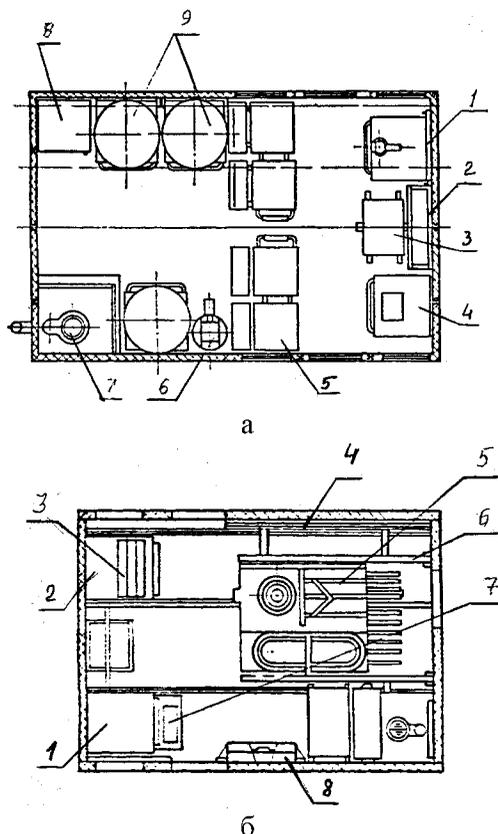


Рисунок 3.1.11 Комплектация передвижных ремонтных мастерских: а) мастерская У908.83 на шасси автомобиля ГАЗ: (1 – набор инструментов; 2 – зажим; 3 – трансформатор сварочный; 4 – контейнер; 5 – сиденье; 6 – гидропресс; 7 – отопитель; 8 – шкаф; 9 – контейнер); б) мастерская У9110 (1 – комплект оборудования; 2 – контейнер; 3 – мост постоянного тока; 4 – трубы; 5 – установка заправочная; 6 – путь рельсовый; 7 – насос; 8 – приспособления)

Максимальный количественный состав обслуживающего персонала мастерских лимитируется количеством оборудованных в кузове-фургоне мест для перевозки людей и составляет 6 человек для мастерских У9109 (на шасси ГАЗ) и 4 человека для мастерских У9110 (на шасси УАЗ). Мастерские У9109 с набором НС-3 и У9110 с набором

НС-9 содержат универсальную оснастку. Такие мастерские укомплектовывают рабочими различных специальностей по обслуживанию доильного, холодильного, теплотехнического, сантехнического оборудования. Мастерские У9110 (с наборами НС-7 и НС-5) и У9109 (с набором НС-5) имеют оснастку для обслуживания и ремонта электрооборудования и холодильных машин, защиты машин от коррозии, Квалификационный состав обслуживающего персонала подбирается таким образом, чтобы максимально использовать средства технического оснащения мастерской и каждого рабочего в соответствии с его специальностью и квалификацией. Целесообразно определять оптимальную численность бригады с учетом местных условий района или хозяйства, исходя из минимальных значений удельных затрат на единицу выполняемой работы.

Передвижные унифицированные мастерские закрепляются за бригадами и используются в соответствии с планом-графиком станции технического обслуживания (СТОЖ). По каждой мастерской ведется учет работы и эксплуатационных затрат. Первичным документом учета является путевой лист, регистрируемый при выдаче в специальном журнале. Технические средства, входящие в комплектацию мастерских, образуют инструментальное хозяйство СТОЖ, которым руководит начальник СТОЖ (инженер по эксплуатации передвижных мастерских). При изменении характеристики обслуживаемых объектов, объемов и видов выполняемых работ мастерская комплектуется другим инструментом и технологической оснасткой. По прибытии передвижной мастерской на место проведения работ ее подключают с помощью кабеля к внешней электросети через защитное устройство. Возможны два варианта организации работ с помощью мастерских на объектах. При первом варианте, который приемлем, если объемы работ на ферме (комплексе) равны или больше дневного фонда рабочего времени бригады (звена), контейнеры с оснасткой находятся в мастерской. При этом работы по техническому обслуживанию проводятся на местах эксплуатации животноводческого оборудования с помощью инструмента, размещаемого в переносных футлярах.

Ремонтно-восстановительные и специальные работы (газоэлектросварочные, шлифовально-заточные, паяльные, заправка хладагента, нарезание резьбы) осуществляются с помощью оборудования пункта технического обслуживания фермы, а также оборудования, установленного в кузове-фургоне мастерской или ее подкузовных нишах. Если

объемы работ на фермах меньше производственных возможностей бригады, то ее разбивают на 2–3 звена. На ближайшей от СТОЖ ферме оставляется одно или два звена, которые смогут выполнить объем работ на этой ферме. Этому звену оставляют 1–2 контейнера с необходимой оснасткой и инструментом. Далее мастерская передвигается на более удаленную ферму, где с помощью оставшихся членов бригады (звеньев) выполняются работы в соответствии с технологией. По окончании работ мастерская возвращается на первую ферму, загружает контейнеры с оснасткой и забирает членов первых звеньев. Хозрасчетные наряды-задания устанавливаются для бригад на год с разбивкой по кварталам и месяцам с конкретными заданиями на каждую мастерскую. Управление работой бригады осуществляет бригадир.

Вместе с тем рост парка современного доильного и холодильного оборудования (как зарубежного, так и отечественного производства) обуславливает необходимость развития системы технического сервиса на основе создания в каждом регионе (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 сервисному обслуживанию на базе УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» и РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Организация в различных регионах республики дилерских технических центров по обслуживанию оборудования для доения и охлаждения молока позволяет решать целый ряд проблем. Во-первых, этот процесс ускоряет внедрение в хозяйствах технологии производства высококачественного молока и модернизацию доильных и холодильных машин.

Во-вторых, диагностика технических параметров работы доильного и холодильного оборудования и устранение возникающих отказов проводятся качественно.

В-третьих, поставка в хозяйства обслуживаемой зоны запасных частей (пульсаторов, коллекторов, сосковой резины, воздушных фильтров), расходных материалов (моющих средств, молочных фильтров), а также замена и текущий ремонт вышедших из строя со-

ставных частей или исчерпавших свой ресурс деталей и узлов доильного и холодильного оборудования осуществляются своевременно и оперативно. Следует отметить, что в настоящее время, когда новое доильное и холодильное оборудование в хозяйствах немногочисленно, создание дилерских технических центров в каждом районе экономически не оправданно. Целесообразно развитие региональной дилерской системы технического сервиса поставщиками (изготовителями) одновременно с созданием государственных межрайонных универсальных сервисных центров (рис. 3.1.12).

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 доильными установками (при достижении их количества 500 и более) и создания межрайонных сервисных центров (не менее 40) в республике появятся условия для расширения и создания оптимальной по обслуживанию и размещению дилерских предприятий зоны.

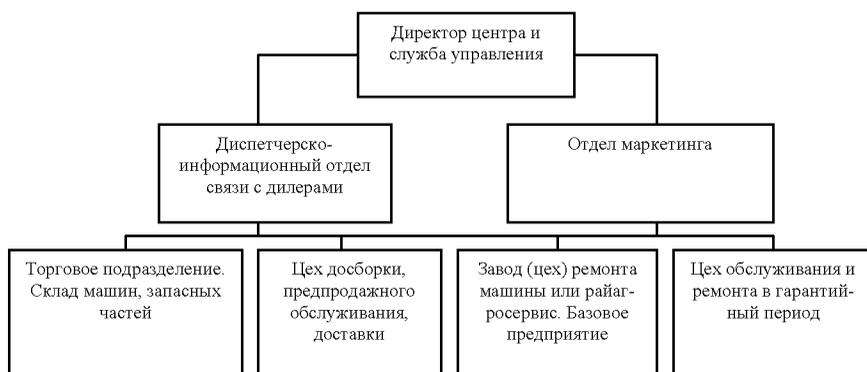


Рисунок 3.1.12 Структура регионального специализированного центра технического сервиса завода-изготовителя

Одним из направлений ресурсосбережения, как отмечалось выше, является организация рынка подержанной техники, что позволяет повысить эффективность использования дорогостоящей техники. В промышленно развитых странах вторичный рынок использования сельскохозяйственной техники является одним из основных видов деятельности дилеров и всей отрасли технического сервиса. Вос-

становление технического состояния машины за счет ремонта позволяет использовать технику за пределами амортизационного срока.

Развитие рынка подержанной техники основано на взаимной выгоде продавцов и покупателя. Выгода продавцов в том, что он продает подержанную технику и получает дополнительный доход для покупки новой машины. Выгода покупателей в том, что они получают машины (хотя с меньшим ресурсом), но по более низким ценам, чем новую машину. Ускорение технического прогресса характеризуется быстротой смены моделей и степенью усовершенствования новой машины в сравнении со старой, приводящей 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.

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. Сложившийся 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 (например: по союзному договору между Россией и Республикой Беларусь). 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, формирующих конкурентный рынок и позволяющий обеспечить их 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 со-

вокупности 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). Оперативность и своевременность удовлетворения потребностей потребителей в разнообразных услугах и работах должна проводиться на фоне поддержки избытка предложения над спросом, предоставления полной, регулярной и объективной информации о надежности используемой техники.

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 ущерб сельхозпроизводителям 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 за выполненные услуги. 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.

На основании проведенных в Институте экономики НАН Бела-

руси исследований установлено, что для эффективного взаимодействия заводов-изготовителей различной сельскохозяйственной техники и дилерских технических центров, осуществляющих ее 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 Интернете) 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.

Для обоснования минимального размера скидки рекомендуется использовать разработанную методику определения затрат дилерского предприятия на предпродажную подготовку и обслуживание машин в гарантийный период эксплуатации с учетом имеющейся информации по проведению данного комплекса мероприятий техническими центрами фирменного обслуживания, что позволяет наиболее точно определить средний размер скидки. Следует отметить, что размер скидки, 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%).

Важное 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 большинства 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 машин и оборудования техническими центрами у заводоизготовителей за свой счет, 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 осуществлять 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 сельскохозяйственной техники определенного завода-изготовителя, необходимо расширять не только перечень предоставляемых услуг по фирменному техническому агросервису (послегарантийное обслуживание, восстановление узлов и агрегатов и др.), но также заключать договоры на предпродажную подготовку и ремонт сельскохозяйственной техники с другими производителями средств механизации, машины и оборудование которых пользуются платеже-

способным 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 (привлечение механизированных услуг подрядных формирований, выполнение механизированных работ собственной машиной, аналогичной вышедшей из строя), или компенсацию ущерба в период времени, превышающий оговоренные сроки устранения неисправностей, от потерь, связанных с недополучением продукции растениеводства, ухудшением ее качества.

Необходимо указать, что за каждый день просрочки платежа как со стороны потребителя, так и со стороны технического центра должен выплачиваться штраф в пользу соответствующего контрагента в установленном размере от суммы выплат. Таким образом, дальнейшее развитие системы технического сервиса в АПК Республики Беларусь обуславливает необходимость совершенствования экономических взаимоотношений между заводами-изготовителями, дилерскими техническими центрами и потребителями средств механизации.

Исследования показывают, что дилерская система технического сервиса является в данный момент одной из наиболее эффективных форм экономических взаимоотношений между сельскохозяйственными организациями и заводами-изготовителями средств производства. В таких посреднических организациях одинаково заинтересованы как потребители данных услуг, так и производители различной сельскохозяйственной техники, поскольку хозяйствующие субъекты должны иметь возможность отдать функции материально-технического обеспечения и поддержания техники 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. В дальнейшем роль дилерской службы сервиса не только не должна ослабевать, а, наоборот, усиливаться, о чем свидетельствует опыт стран с развитой рыночной экономикой.

3.2 Организация и технология монтажных и пусконаладочных работ

3.2.1 Теоретические основы монтажепригодности оборудования

Под монтажом понимают комплекс операций, включающих сборку, установку на фундаменты, регулировку, наладку, пуск в работу одной машины или целого комплекта оборудования. Монтаж технологического оборудования на вновь строящихся и реконструированных фермах и последующий ввод в эксплуатацию осуществляется специализированными производственными объединениями.

Они комплектуют оборудованием и материалами объекты, а также изготавливают укрупненные узлы и блоки, металлоконструкции и нестандартное оборудование, применяемые при производстве монтажных работ. Основным показателем, характеризующим процесс монтажа и пусконаладки, является заводская готовность оборудования. Машины, применяемые для обработки и приготовления кормов на фермах, отличаются разнообразием по назначению, устройству и обслуживанию. Для монтажа они поступают в собранном виде.

Машины для внутрицеховой транспортировки кормов (элеваторы, шнековые, скребковые и ленточные транспортеры) заводы-изготовители обычно поставляют в разобранном виде. Эти машины окончательно собирают по заводской инструкции.

Некоторые узлы нестандартного технологического оборудования (бункеры, течи, трубопроводы, ограждения) приходится изготавливать по месту в процессе монтажа. Это требует высокой квалификации рабочих и точного выполнения ими всех монтажных операций в соответствии с чертежами и техническими условиями.

Сложность конструкций – один из основных факторов, оказывающих наибольшее влияние на монтажепригодность оборудования. Заводская готовность оценивается коэффициентами сборки $K_{сб}$, монтажепригодности K_m и приспособленности к пусконаладке K_n .

Наиболее совершенным с точки зрения монтажа является оборудование, значение величины K_m которого близко к единице. Численные значения коэффициента заводской готовности могут варьироваться от 0 до 1. Наиболее приспособленным к вводу в эксплуатацию

является оборудование, коэффициенты заводской готовности которого близки к единице. Конструктивно более совершенной считается сборка, у которой коэффициенты технологичности и сборки имеют наибольшее значение (приближаются к единице), а коэффициент сложности – наименьшее.

$$\begin{cases} K_{сб} = \tau_з / \tau_м \\ K_м = C_0 / (C_0 + C_м) \\ K_н = C_0 / (C_0 + C_н) \end{cases} \quad (3.2.1)$$

где $\tau_з$ – продолжительность заводской сборки; $\tau_м$ – продолжительность монтажа; C_0 – стоимость оборудования; $C_{м.з}$ – стоимость монтажных заготовок; $C_м$ – стоимость монтажа; $C_н$ – стоимость пуска наладки.

Трудоемкость монтажных и пуска наладочных работ оборудования характеризуют показателями технологичности операций монтажа $K_{мех}$ и эксплуатационной эффективности монтажной операции $K_{зэ}$, сложности конструкции $K_{ск}$ и заводской сборки $K_{сб}$

$$\begin{cases} K_{мех} = 1 - [t_{вс} / (t_{ос} + t_{вс})] \\ K_{зэ} = t_н / (t_н + t_м) \\ K_{ск} = (t_{уст} + t_м) / t_{уст} \end{cases} \quad (3.2.2)$$

где $t_{ос}$, $t_{вс}$ – время выполнения основных и вспомогательных операций; $t_н$ – время безотказной работы; $t_м$ – продолжительность монтажа; $t_{уст}$ – время, затраченное на установку оборудования на фундамент.

С уменьшением времени вспомогательных операций коэффициент технологичности стремится к единице. Увеличение коэффициента эксплуатационной эффективности монтажной операции свидетельствует о повышении эффекта проведения монтажной операции. Удобство и трудоемкость пуска наладки определяются коэффициентом технологичности при пуска наладке K_T и удельной трудоемкостью пуска наладочных работ $t_{уд}$

$$\begin{cases} K_T = t'_0 / (t'_0 + t'_e) \\ t_{\text{зд}} = t_{\text{нпр}} / C_0 \end{cases}, \quad (3.2.3)$$

где t'_0 – основная трудоемкость пусконаладочных работ (предпусковая проверка, смазка, регулировка, обкатка, доведение оборудования до проектной производительности); t'_e – вспомогательная трудоемкость пусконаладочных работ (монтаж и демонтаж защитных ограждений, узлов и деталей для доступа к местам регулировки); $t_{\text{нпр}}$ – трудоемкость пусконаладочных работ; C_0 – стоимость оборудования.

Подготовительные работы включают размещение технологического оборудования на объекте, прокладку (при необходимости) временных линий для подачи электроэнергии, устройство внутреннего и наружного освещения, обустройство фундаментов под машины и подготовку траншей для укладки водопровода, канализации и общего заземления, устройство мест хранения инструмента, материалов, рабочей одежды. Оборудование располагают таким образом, чтобы на поиски и перемещение узлов и агрегатов к месту монтажа затрачивалось минимальное время. Его укладывают на деревянных подставках высотой до 150 мм, а запасные части к ним, крепеж, монтажные заготовки, электрооборудование хранят на складе. Комплектность проверяют по заводским упаковочным ведомостям. Монтажная бригада должна принимать оборудование на месте его хранения путем внешнего осмотра без разборки узлов. При этом проверяют: комплектность оборудования по заводским упаковочным ведомостям; нет ли повреждений, поломок и других дефектов; наличие технической документации. Разборку и ревизию оборудования проводят в объеме, предусмотренном техническими условиями для удаления консервирующих смазок. Смазку удаляют медными или алюминиевыми скребками, а затем детали промывают керосином и досуха протирают ветошью.

С внутренних поверхностей оборудования смазку удаляют, промывая их раствором (15 ± 5 г/л) кальцинированной соды. При этом сборочную единицу (деталь) погружают в щелочной раствор на 5–10 мин., а затем промывают теплой и холодной водой с последующей сушкой. До начала монтажа защитные покрытия машин, предохраняющие обработанные поверхности от механических повреждений и

коррозии, должны быть удалены. Консервационную смазку удаляют деревянными скребками, затем детали тщательно протирают ветошью (желательно хлопчатобумажной), смоченной в бензине или чистом керосине. Обнаруженные очаги коррозии устраняют при помощи пасты ГОИ. Для этого готовят пасту, состоящую из трех весовых частей пасты и одной весовой части веретенного масла. Пасту наносят на мягкую ветошь или тряпку и тщательно очищают поврежденные коррозией места.

При обнаружении дефектов, которые могут быть устранены монтажной бригадой, составляют акт на выполнение дополнительных работ. В случае обнаружения крупных дефектов вызывают представителя завода-изготовителя. Если монтажная бригада не может устранить обнаруженные дефекты собственными силами и машины нельзя отремонтировать в мастерских, то их отправляют на заводы-изготовители. Готовность объектов к монтажным работам регистрируют актом, который составляют представители строительной и монтажной организаций и технического надзора заказчика. Выполнять монтажные работы на объектах строительства, не принятых под монтаж, запрещается.

Рост технической оснащенности животноводческих ферм влечет за собой увеличение объемов монтажных, пусконаладочных работ, а также работ по техническому обслуживанию и ремонту, которые требуют все более широкого применения передвижных мастерских (рис. 3.2.1). Эта тенденция обусловлена увеличением разномарочности оборудования и небольшими объемами работ на одном объекте и необходимостью доставки к месту производства работ наладчиков значительного количества оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

Мастерские являются для инженерно-технической службы не только основным связующим звеном между объектом и производственной базой, но и средством выполнения значительных объемов работ непосредственно на объектах силами слесарей выездных бригад и звеньев. Они используются одновременно как транспортные средства для доставки запасных частей и материалов. Учитывая разнообразие настраиваемых объектов, значительную удаленность их от места базирования пусконаладочной организации и друг от друга, разномарочный состав мастерских и лабораторий, очень трудно решать во-

просы эффективной организации работ с применением передвижных мастерских [92].

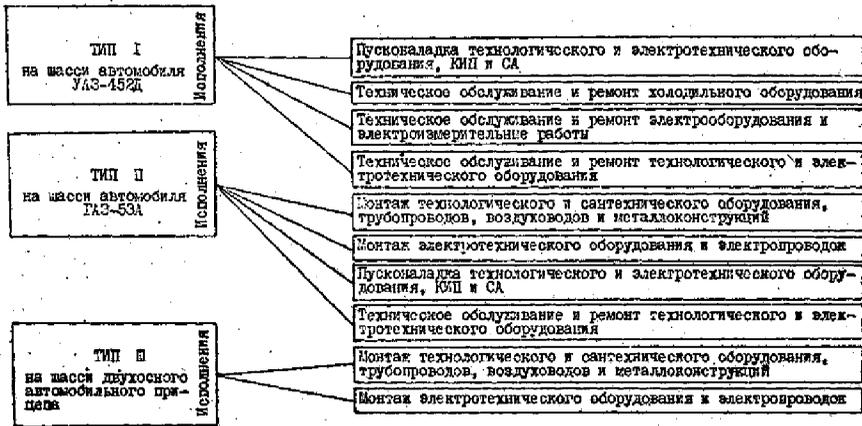


Рисунок 3.2.1 Типы и исполнение унифицированных мастерских

Специфика организации пусконаладочных работ с использованием передвижных мастерских состоит в том, что бригада наладчиков на специализированной передвижной мастерской, укомплектованной необходимыми для производства работ техническими средствами, выезжает на объект наладки, который находится на значительном расстоянии от места базирования пусконаладочной организации. Средний радиус обслуживаемой зоны достигает 120-150 км [93].

Эффективность использования передвижных мастерских во многом обуславливается численным и квалификационным составом бригад, который определяется сложностью выполняемых работ. Оптимальный размер бригады должен соответствовать минимуму удельных затрат на единицу выполненной работы:

$$q = q_m + q_z \rightarrow \min \quad (3.2.4)$$

где q_m — удельные затраты, связанные с использованием передвижной мастерской, руб./чел.-ч; q_z — удельные затраты на заработную плату наладчиков, руб./чел.-ч.

Амортизационные отчисления по производственной базе, заработная плата рабочих производственно-подготовительного цеха, затраты энергии в нем и другие показатели не зависят от численности

бригады и в ее функциях не учитываются. При наладке оборудования бригада выезжает на настраиваемый объект и выполняет определенный объем работ без ограничения времени пребывания.

В соответствии с классификацией затрат рабочего времени $T_{об}$ оно включает время работы по выполнению производственного задания $T_{рз}$, время работы, не обусловленное выполнением производственного задания $T_{нз}$ и время регламентируемых и нерегламентируемых перерывов. При пусконаладке оборудования животноводческих ферм можно допустить, что время нерегламентированных перерывов равно нулю.

В этом случае при первой и второй формах организации работ общее время выполнения всего комплекса работ $T_{об}$, необходимое бригаде, будет состоять из времени выполнения производственного задания $T_{рз}$, времени выполнения работ, не обусловленного выполнением производственного задания $T_{пер}$, времени подготовки мастерской к работе $T_{нз}$ и времени переездов T_n :

$$T_{об} = T_{рз} + T_{пер} + T_{нз} + T_n, \quad (3.2.5)$$

Общее время переездов включает время движения от места расположения пусконаладочной организации до настраиваемого объекта и обратно. Его значение можно определить из уравнения

$$T_{пер} = 2H(L/V), \quad (3.2.6)$$

где L – часть расстояния от места расположения пусконаладочной организации до настраиваемого объекта, км; V – средняя скорость движения мастерских, км/ч; H – количество командирований на объект наладки за время выполнения всего объема работ.

Время выполнения производственного задания $T_{рз}$ определяет объем пусконаладочных работ и численность звена. В процессе пусконаладки наладчикам приходится выполнять случайные работы, не обусловленные выполнением производственного задания.

Выполнение случайных работ, связанных с устранением неполадок монтажа, дефектов оборудования, неточностей проектных решений при пусконаладке оборудования кормоцехов, отнимает у нала-

дочного персонала около 5% фонда рабочего времени, а при выполнении электротехнических пусконаладочных работ — 22%. Потери времени $T_{из}$ по этим причинам приводят к снижению сменной производительности бригады наладчиков передвижной мастерской, но, однако, они имеют место лишь у бригады, находящейся на ферме.

Однако оснащение бригад современными диагностическими средствами позволяет снизить величину этой составляющей до нуля. Тогда потери времени бригады на выполнение случайных работ в процессе наладки объекта при обеих формах организации определяют объемом работ и численностью звена.

Затраты времени на подготовку мастерской к работе для обеих форм организации в период проведения работ на объекте определяются исходя из того, что мастерская дважды в смену разворачивается и свертывается, так как во время обеденного перерыва она используется как транспортное средство для доставки наладчиков к месту расположения столовой:

$$\begin{cases} T_{пз} = Q/n_n \\ T_{из} = T_{пз} = Q/n_n \\ T_n = 2t_n Q/P_{см} \end{cases} \quad (3.2.7)$$

где n_n — число наладчиков в выездной бригаде; t_n — время на развертывание и свертывание мастерской, ч.

Подставляя в формулу (3.2.5) значения затрат времени (3.2.7), для принятой формы организации работ получим

$$\begin{cases} T_{об} = \frac{Q}{n_n} + 2H\left(\frac{L}{V}\right) + \frac{Q}{n_n} \cdot 2t_n \frac{Q}{P_{см}} \\ P_{см} = \frac{T_{см} - 2t_n}{\frac{1}{n_n} + \frac{2H}{Q}\left(\frac{L}{V}\right)} \end{cases} \quad (3.2.8)$$

Суммарные удельные затраты q_m , связанные с использованием передвижной мастерской, складываются из затрат на реновацию q_a , ремонт и техническое обслуживание q_p и горюче-смазочные материалы q_r :

$$\begin{cases} q_m = q_a + q_p + q_r \\ q_a = \frac{B(\alpha + E_n)\gamma}{Q_r} = \frac{B(\alpha + E_n)\gamma}{ДП_{см}} = \frac{B(\alpha + E_n)}{Д_r П_{см}} \\ q_p = PL_{см} / П_{см} \\ q_r = \mu b L_{см} / П_{см} \end{cases} \quad (3.2.6)$$

где B – балансовая стоимость передвижной мастерской, руб.; α – норма годовых отчислений на реновацию; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; Q_r – годовой объем работ, выполняемый бригадой, чел.-ч; γ – доля выполняемого объема работ передвижной мастерской от годовой ее загрузки; $Д$ – количество рабочих смен; $Д_r$ – общее число рабочих дней; P – норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание мастерской, руб. на 1 км; $L_{см}$ – средний пробег за смену, км; μ – удельный расход топлива, кг/км; b – стоимость топлива, руб. за кг.

Проведя математические преобразования, получим в общем виде функцию удельных переменных затрат, связанных с использованием передвижной мастерской:

$$q_m = \frac{A}{n_n} + B = \frac{B(\alpha + E_n) + L_{см} Д_r (P + \mu b)}{n_n Д_r (T_{см} - 2t_n)} + \frac{2H \left(\frac{L}{V} \right) [B(\alpha + E_n) + PL_{см}^1 + \mu b L_{см}]}{Q(T_{см} - 2t_n)} \quad (3.2.9)$$

Удельные затраты на заработную плату бригады наладчиков выражаются формулой

$$q_s = \frac{n_n (cT_{см} + a)}{П_{см}}, \quad (3.2.10)$$

где c – среднечасовая оплата одного наладчика (с учетом дополнительных оплат и начислений), руб./ч; a – суточные расходы на одного командированного, руб.

Подставляя в формулу (3.2.10) значение $П_{см}$ и проводя математические преобразования, получим

$$\begin{cases} q_3 = Nn_n + R \\ R = (cT_{cm} + a)/(T_{cm} - 2t_n) \\ N = 2H(cT_{cv} + a)(L/V)/Q(T_{cm} - 2t_n) \end{cases} \quad (3.2.11)$$

С увеличением численности бригады наладчиков удельные затраты на содержание передвижной мастерской монотонно убывают, а удельные затраты на заработную плату возрастают прямолинейно численности бригады наладчиков. Общие удельные затраты с увеличением численности бригады сначала будут снижаться, а потом начнут расти. Наименьшее их значение соответствует оптимальной численности бригады наладчиков $n_{н.опт}$.

Целевая функция (3.2.12) дает возможность определить оптимальный состав бригады наладчиков.

$$q = \frac{A}{n_n} + \frac{C}{n_n} + \frac{F}{n_n} + Nn_n + (B + E + M + R) \rightarrow \min \quad (3.2.12)$$

Для этого необходимо исследовать функцию на экстремум, то есть взять первую производную по n_n от выражения (3.2.12) и приравнять к нулю. Затем необходимо решить уравнение относительно n_n

$$n_{н.опт} = \sqrt{\frac{A+C+F}{N}} \rightarrow n_{н.опт} = \sqrt{\frac{Q[БДГ^{-1}(\alpha + E_n) + 2(HL)m_n^{-1}(P + \mu b)]}{2H(cT_{cm} + a)(LV^{-1})}} \quad (3.2.13)$$

Полученное выражение позволяет определить оптимальный численный состав бригады передвижной мастерской в каждом отдельном случае для конкретных условий производства пусконаладочных работ на объекте. 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 на рассредоточенных объектах требует участия исполнителей нескольких специальностей. Это достигается путем объединения их в звенья и бригады. Численность звеньев обычно не превышает 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 2-3 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 (на базе одной марки шасси (автомобиля) и на различных шасси) со специализацией их по видам работ. Решение вопроса унификации упрощается контейнерной упаковкой технических средств – съемное приспособление в виде стандартной емкости, служащего для перевозки грузов различными видами транспорта без перегрузки находящихся в нем грузов до склада получателя.

3.2.2 Особенности монтажа оборудования кормоцехов

В кормоцехах оборудование увязывают между собой специальными крепежными местами. При неточно изготовленных фундаментах конструктивная связь машин нарушается и возникает необходимость в подгоночных работах. Заранее изготовленные фланцы, бункеры, течки и переходники требуется подгонять по месту или изготавливать по шаблонам заново. Это увеличивает трудоемкость монтажа. Кроме того, дополнительные подгоночные работы создают трудности в учете и нормировании работ, приводят к скрытым простоям и потерям рабочего времени. Опыт строительства кормоцехов показал, что исправить неточно изготовленные фундаменты проще, легче и дешевле, чем устранять последствия допущенной неточности при установке машин. Простые фундаменты обмеряют при помощи рулетки, металлического метра, металлической или деревянной линейки (1) (рис. 3.2.2а) с уровнем (2). Линейки прикладывают к поверхности, а величину отклонений определяют замером, щупом или визуально. Прямолинейность проверяют в одном направлении, а плоскостность

— в нескольких взаимно перпендикулярных плоскостях I—I, II—II, III—III, IV—IV и т. д. Сложные ступенчатые фундаменты длиной более 6 м проверяют при помощи отвеса (2) (рис. 3.2.2б) и металлической струны (1). При этом стрелой провисания струны можно пренебречь. Горизонтальность натяжения струны контролируют уровнем. Контрольные замеры вертикальных стенок фундаментов производят по отвесу. Фундаменты сдают под монтаж, очистив от опалубки, мусора и выступающей арматуры. Поверхность фундаментов должна быть ровной, без выступов, раковин и замазанных мест. При приемке строительные размеры фундаментов рекомендуется сличать с размерами установочных чертежей машин для устранения погрешностей. Необходимость в исправлении фундаментов может и не возникнуть, если их будет контролировать представитель монтажной службы в процессе изготовления. Приемку фундаментов под монтаж оборудования оформляют актом, подписанным представителями заказчика, строительной и монтажной организации. В акте дают заключение о том, можно или нельзя монтировать оборудование. Если монтаж не разрешается, то в акте следует указать перечень необходимых доделок. После устранения недостатков вновь принимают фундаменты. В акте приемки фундаментов фиксируют только факт приемки геометрических размеров и плоскостей фундаментов, не затрагивая их прочностных характеристик. Строительная организация несет ответственность за прочность фундамента после приемки его под монтаж.

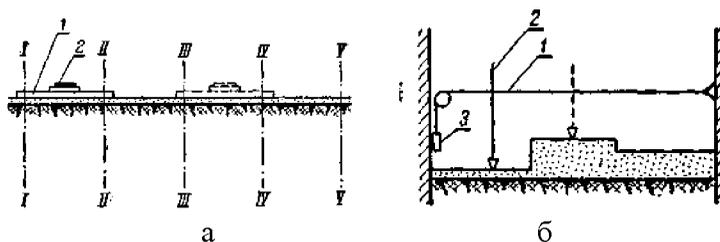


Рисунок 3.2.2 Проверка плоскости фундамента:

а — простой (1 — линейка; 2 — уровень); *б* — сложный (1 — струна; 2 — отвес; 3 — груз)

Существуют последовательный и совмещенный способы производства монтажных работ. Сборка отдельных технологических линий может производиться путем последовательного монтажа оборуду-

дования, обусловленного конструктивной и технологической схемой кормоцеха. Монтажные работы начинают после окончания строительства здания кормоцеха. Машины доставляют и устанавливают через монтажные проемы в стенах. При этом способе ухудшается возможность использования автомобильных кранов для подъема и установки машин, работать приходится в стесненных условиях на ограниченных площадях кормоцеха, увеличиваются трудоемкость и сроки монтажных работ. Преимуществом последовательного способа строительства кормоцеха является возможность создания более благоприятных условий труда для рабочих, выполняющих работы внутри здания, и хорошего сохранения машины независимо от времени года и климатических условий.

Совмещение строительных и монтажных работ позволяет внедрить скоростные приемы монтажа оборудования. Сущность скоростных приемов состоит в том, что предварительно собирают шнековые и скребковые транспортеры, приводные станции машин, питателей, заготавливают секции и крупные узлы трубопроводов, колена, коллекторы, переходники, фланцы и все нестандартное оборудование. При совмещенном способе монтажные работы ведут одновременно на нескольких участках кормоцеха. Совмещенным способом можно выполнять работы и на одном участке, если одновременно монтируют основное технологическое оборудование, электросиловые коммуникации, различные трубопроводы. При совмещенном способе монтаж оборудования осуществляют быстрее. Сокращается потребность в рабочей силе, инструменте и вспомогательных приспособлениях. Чаще всего последовательный и совмещенный способы применяют одновременно. Это упрощает организацию работ, обеспечивает постоянную занятость рабочих монтажной бригады, повышает эффективность использования специального инструмента, сварочного оборудования и грузоподъемных механизмов. На рисунке 3.2.3 приведена технологическая схема монтажа комплекта оборудования совмещенно-последовательным способом.

Кормоцех разбит на четыре участка. Монтаж оборудования нужно начинать с участка машинного зала *II*. Сначала устанавливают измельчитель корнеплодов, затем первый смеситель кормов С-12, второй смеситель кормов С-12 и сборный загрузочный шнек ШЗС-40. После установки измельчителя в отделении *III* для хранения концен-

трированных кормов и корнеклубнеплодов, можно начинать монтировать наклонный транспортер ТК-5Б и шнеки-питатели транспортера корнеклубнеплодов ТК-5Б, а после установки в машинном зале II второго смесителя кормов С-12 монтировать технологическую линию выгрузки готовых кормов, состоящую из сборного выгрузного шнека ШВС-К) и скребкового транспортера ТС-40М. Установка шнека ШВС-40 позволяет монтировать в отделении III наклонный и горизонтальный транспортеры питателя концентрированных кормов ПК-6 и начать работы на кормозаготовительной площадке I. Здесь сначала устанавливают скребковый транспортер ТС-40С, потом питатель сеной муки ПСМ-10, дробилку кормов КДУ-2 и измельчитель кормов. Монтаж оборудования в котельном отделении IV можно производить в любое время и независимо от монтажа остального оборудования. Технологическую схему монтажа оборудования должна разрабатывать и представлять проектная организация, по чертежам которой будут строить кормоцех. Это исключит ошибки в очередности установки машин и упростит ведение монтажных работ.

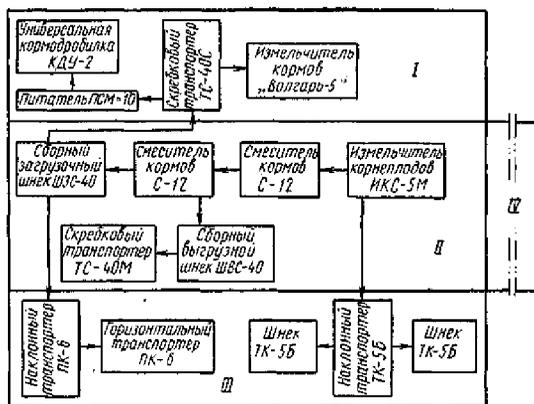


Рисунок 3.2.3 Технологическая схема монтажа кормоцеха:

*I — кормозаготовительная площадка; II — машинный зал;
 III — отделение для хранения концентрированных кормов и корнеклубнеплодов; IV — котельное отделение*

В организацию монтажных работ входит разработка организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение излишних расходов материалов и средств, срыва плановых сроков

пуска кормоцеха в эксплуатацию. Для этого необходимо заранее определить объем монтажных работ, потребность в рабочей силе, инструменте, приспособлениях, грузоподъемных механизмах, материалах; подготовить и оборудовать рабочие места для сборки машин, помещения для хранения ценного инвентаря и оборудования; разработать мероприятия, предназначенные для удовлетворения бытовых нужд рабочих. Одним из важнейших этапов подготовки монтажа является своевременное обеспечение монтажной бригады необходимой технической документацией, которую разделяют на три основные группы.

К первой группе относятся: проект строительства кормоцеха, заводские инструкции по устройству и эксплуатации оборудования, смета на строительные-монтажные работы, сводная ведомость комплектующих и покупных изделий, чертежи узлов и деталей, изготавливаемые силами строительной организации и монтажной бригады. В эту группу должно также входить руководство по монтажу оборудования. Техническую документацию первой группы, разрабатываемую проектными и конструкторскими организациями, монтажная бригада должна получать от заказчика.

Техническую документацию второй группы разрабатывает монтажная организация. В нее входят технологические карты монтажа оборудования и календарный график производства монтажных работ. График содержит перечень монтажных участков, машин и оборудования; перечень основных операций при монтаже оборудования; потребное количество рабочих и их средний разряд; продолжительность монтажных операций с указанием трудоемкости (табл. 3.2.1). Точность планирования работ по календарному графику зависит от продолжительности монтажа оборудования. Для кормоцехов, монтаж которых занимает до одного месяца, этапы планируют с точностью до одного дня. В графиках монтажа крупных кормоцехов отмечают ход работ за 2–5 дней при общей продолжительности монтажа до трех месяцев и с точностью 5–10 дней при длительности работ более трех месяцев. Потребное количество основных рабочих определяют исходя из суммарной трудоемкости всех монтажных работ, определенной по календарному графику, и фонду времени рабочего на планируемый срок монтажа. Количество вспомогательных рабочих принимают в пределах 10–15% от числа основных рабочих. При определении общей трудоемкости особенно сложно учесть трудоемкость скрытых

работ, связанных с подгонкой деталей при сборке машин, заменой или ремонтом деталей, получивших повреждения при транспортировке и монтаже, устранением дефектов, обнаруженных при обкатке и холостом опробовании машин. Скрытые работы составляют 20–30%, а иногда и более от общей трудоемкости монтажа. Ориентировочно стоимость монтажных работ можно принимать 6–8% от сметной стоимости кормоцеха. В третью группу технической документации входят исполнительные документы: журнал монтажных работ, акты на приемку фундаментов, скрытые работы, приемку отдельных этапов работ для расчетов с заказчиком и акт сдачи кормоцеха в эксплуатацию.

Таблица 3.2.1 Трудоемкость монтажа оборудования

Оборудование	Трудоемкость, %
Технологическое	42—45
Отопительное	6—8
Вентиляционное	11—13
Водопроводное	1—2
Канализационное	3—4
Электроосветительное	6—7
Электросиловое	30—32

Монтаж кормоцехов связан с расходом большого количества различных материалов, комплектующих изделий, электродов, карбида. Для основных работ этот расход достаточно точно определяется по сводной спецификации типового или индивидуального проекта. Расход материалов для доработки машин, устранения дефектов, по ремонту и другим скрытым работам учитывают только по окончании этих работ. Журнал монтажных работ бывает различной формы. Но рекомендуется, чтобы он состоял из трех разделов: дневника монтажных работ, мероприятий по технике безопасности и учета использованных материалов. В журнале монтажных работ регистрируют мероприятия по технике безопасности и охране труда, проведенные руководителем монтажных работ или лицами руководящих и инспектирующих организаций, случаи травматизма, происшедшие на монтажном участке. Указывают причину их возникновения и принятые меры. В случае смены руководителя монтажных работ в журнале отмечают передачу и приемку участка соответствующими подписями.

Учет использованных материалов ведет руководитель монтажных работ. В журнале отмечают, когда, по какому документу и в каком количестве были получены материалы и комплектующие изделия независимо от источника их получения, для чего израсходованы. В процессе монтажа, наладки, испытаний, ремонта и доработки машин могут быть случаи замены деталей, узлов, при которых возникают остатки материалов, покупных изделий. Их сдают на склад монтажной организации в установленном порядке, о чем в журнале делается запись. Если материалы приобретались за счет предприятия, остатки сдают хозяйству по акту, и в журнале делается запись.

Опыт строительства кормоцехов показал, что лучших результатов достигают, когда монтажные работы производятся одной комплексной бригадой, состоящей из 8–10 человек и имеющей в своем составе рабочих следующих специальностей: слесари-монтажники 4, слесари-сантехники 1, слесарь-электрик 1, сварщик 1, водитель-механик автомобильной мастерской 1, подсобный рабочий 1. Совмещение профессий рабочими монтажной бригады позволяет увеличить их занятость в течение рабочего дня, в результате чего продолжительность монтажа может быть сокращена.

Если кормоцех строят и одновременно монтируют оборудование совмещенным способом, машины устанавливают сразу после приемки фундаментов, когда стен здания еще нет. Это позволяет применить автомобильные краны и снизить трудоемкость такелажных работ до 5–10% от общего объема монтажа. При монтаже оборудования в полностью готовом здании с доставкой машин через монтажные проемы в стенах трудоемкость такелажных работ возрастает и достигает 50% общей трудоемкости монтажа.

Автомобильные краны используются для погрузки и разгрузки крупногабаритных и тяжелых грузов и для установки машин на фундаменты. Если нет автомобильных кранов, для погрузочно-разгрузочных работ на монтажных площадках применяют козловые краны, краны-укосины, Г-образные краны и другие приспособления, которые могут быть изготовлены силами монтажной бригады. Для подъема грузов весом до 1 т применяют переносные треноги.

Громоздкие грузы, например смесители кормов, поднимают на автомобиль, как показано на рисунке 3.2.4. Сначала домкратом поднимают один конец груза и подкладывают шпалу или толстый брус,

затем поднимают домкратом другой конец груза и тоже подкладывают шпалу. Так поочередно подъем продолжают до тех пор, пока не будет достигнута высота, позволяющая подойти автомобилю под груз. С автомобиля груз опускают в обратном порядке. При работах внутри кормоцеха грузоподъемные механизмы допускается крепить к балкам и панелям перекрытий только при наличии письменного разрешения проектной или строительной организации.

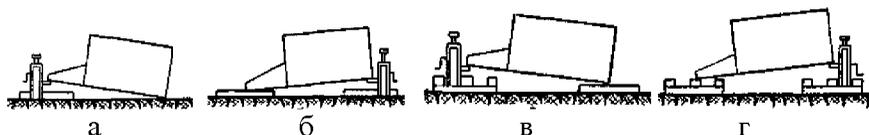


Рисунок 3.2.4 Этапы подъема тяжелых грузов домкратом:
а – поднятие одного конца груза и подкладывание бруса; *б* – поднятие другого конца груза и подкладывание бруса; *в, г* – поднятие груза на необходимую высоту

При помощи домкрата груз можно поднять на платформу грузового автомобиля. Для этого домкратом поднимают один конец груза, после чего под него подводят лаги. Затем груз начинают подталкивать домкратом, постепенно наращивая высоту домкрата деревянными брусками или досками (рис. 3.2.5а). С автомобиля или прицепа груз спускают по лагам, составленным из толстых досок, шпал, швеллеров или двутавровых балок, с использованием катков (рис. 3.2.5б). Чтобы установить груз на катки, сначала поднимают ломом груз с одного конца, а потом с другого.

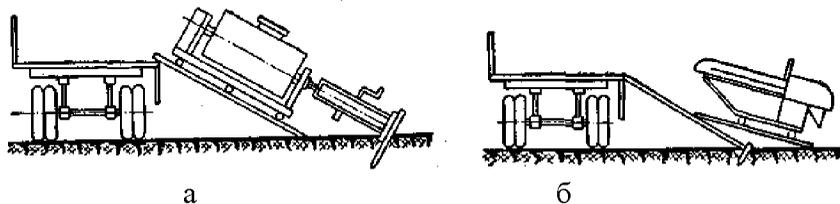


Рисунок 3.2.5 Перемещение груза: *а* – установка; *б* – спуск

В горизонтальном направлении машины перемещают до места установки вручную, ручной лебедкой и трактором, используя для этих целей тележки, салазки и различные подручные материалы (дос-

ки, бревна, катки). На тележках перевозят малогабаритные грузы весом до 250 кг. Малогабаритные, но тяжелые машины (дробилки, измельчители, котлы и т. д.) весом до 2 т перемещают на салазках (саниях), которые изготавливают собственными силами из деревянных или металлических балок. В качестве салазок можно использовать металлический лист толщиной 4 – 8 мм, к которому приваривают скобы для крепления канатов.

Габаритные грузы весом более 2 т (смесители, кормозапарники) перемещают на металлических салазках и катках (рис. 3.2.6). Катки делают из круглых дубовых или кленовых бревен диаметром не менее 150 мм и из стальных труб диаметром 80 – 100 мм. Катки должны выступать за опорную поверхность перемещаемой машины на 100 – 300 мм. На катках грузы перемещают ломанами, лебедкой или трактором. Расстояние между катками не должно превышать 500 мм. При перемещении грузов по твердому грунту или цементным полам под катки укладывают доски. На мягком грунте под доски подкладывают бруски или шпалы. Поверхность, по которой будет перемещаться груз, необходимо очистить от строительного мусора, выровнять бугры, ямы, выбоины. При горизонтальном и наклонном перемещении машины точки крепления канатов должны находиться ниже центра тяжести, иначе машина может опрокинуться.

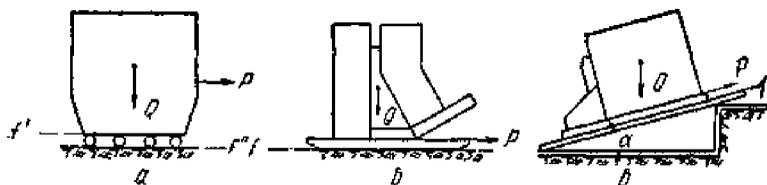


Рисунок 3.2.6 Схемы перемещения грузов:

а – катками; б – саниями; в – наклонная плоскость

Для подъема и перемещения грузов при монтаже оборудования в кормоцехах применяют ручные шестеренчатые лебедки. Тяговое усилие в лебедке создается благодаря наматыванию троса на барабан. Лебедка оборудована тормозным устройством, которое дает возможность поднимать и опускать грузы только при принудительном вращении рукояток. Крепление лебедок зависит от места их размещения. При установке лебедок на земле их крепят за якорь. Простейшими

якорями являются сваи, забитые в грунт на глубину не менее 1,5 м и соединенные между собой тросами. Когда качество грунта не позволяет использовать свайный якорь, лебедку крепят при помощи упора (1) (рис. 3.2.7а) и противовеса (4). Если лебедку устанавливают внутри здания кормоцеха, ее можно крепить к стене (рис. 3.2.7б–в). Чтобы уменьшить момент от тягового усилия, опрокидывающего лебедку, канат необходимо навивать на барабан только снизу (рис. 3.2.8). Направление каната должно быть перпендикулярно оси барабана. Лебедки применяют при перемещении тяжелых грузов весом более 250 кг. Место установки лебедки надо выбирать так, чтобы ею можно было пользоваться в течение всего срока монтажа без перестановок.

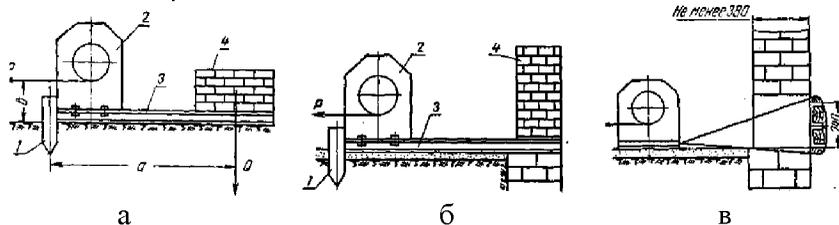


Рисунок 3.2.7 Крепление лебедки при помощи технических средств: а – упора и противовеса (1 – упор; 2 – лебедка; 3 – рама; 4 – противовес); б – рамы (1 – упор; 2 – лебедка; 3 – рама; 4 – стена здания); в – троса

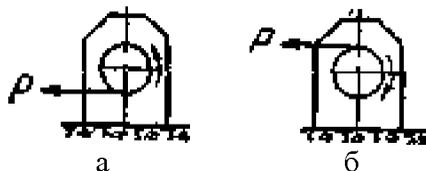


Рисунок 3.2.8 Навивка каната на барабан лебедки: а – правильно; б – неправильно

Кормоприготовительные машины должны быть установлены на фундаментах всей опорной поверхностью без перекосов. При перекосах машины деформируются и плохо работают. Так, например, во многих измельчителях зеленой массы и грубых кормов рабочий зазор между ножами и противорежущей пластиной находится в пределах 0,2 – 0,5 мм. При перекосе зазор изменяется и часто его нельзя вос-

становить. Перекосы отрицательно влияют на работу приводных шестерен смесителей кормов, мешают нормальному движению скребков транспортеров. Поэтому не рекомендуется ставить машины непосредственно на фундаменты. Вначале нужно подкладывать под машины плоские или клиновые прокладки (рис. 3.2.9). Применяя прокладки, можно поднять или опустить машину до совпадения соединительных крепежных элементов. При монтаже комплекта оборудования кормоцеха, состоящего из нескольких машин, связанных между собой взаимной привязкой, одну машину принимают как базовую, к которой последовательно присоединяют остальные машины. Наиболее удобно за базовую машину принимать смесители-запарники кормов, так как к ним сходятся все технологические линии кормоцеха.

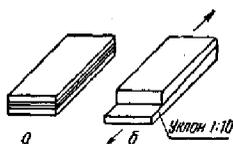


Рисунок 3.2.9 Монтажные прокладки: *а* – плоские; *б* – клиновые

После проверки правильности установки и соединения всех машин заливают зазоры между основаниями машин и фундаментами. Для заливки применяют раствор, состоящий из одной части цемента и двух частей песка. Если зазор превышает 40 мм, в раствор добавляют мелкий гравий. Зазоры заполняют с одной стороны так, чтобы раствор вышел из зазора на другую сторону, заполнив пространство между основанием машины и фундаментом. Прокладки сначала ставят по углам машины, а потом посередине. Расстояние между набором прокладок не должно превышать 800 мм. Размеры прокладок подбирают такими, чтобы удельное давление на них находилось в пределах 3,5–4,0 МПа.

Установку ряда оборудования на фундамент (рис. 3.2.10а–д) с помощью регулировочных винтов (рис. 3.2.10а). Для этого опорные пластины (2) размещают на фундаменте (1) в соответствии с расположением регулировочных винтов (3) в опорной части (6) оборудования. В опорную часть (6) оборудования устанавливают регулировочные винты (3) со стопорными гайками (4). Вращая регулировоч-

ные винты (3), выставляют оборудование в горизонтальной и вертикальной плоскостях. После этого положение регулировочных винтов фиксируют стопорными гайками (4) и затягивают фундаментные болты (5). Регулировочные винты (3) с гайками (4) после затяжки фундаментных болтов удаляют, а отверстия под них закрывают резьбовыми пробками-заглушками. Выверку оборудования с помощью установочных гаек (11) (рис. 3.2.10 б) производят с использованием упругих элементов – тарельчатых шайб (10). Регулировочную гайку (11) и тарельчатую шайбу (10) устанавливают на фундаментные болты (8), предварительно заделанные в фундамент (12). Вращая установочную гайку (11), регулируют положение опорной части устанавливаемого оборудования (9) в вертикальной и горизонтальной плоскостях и закрепляют оборудование крепежными гайками (7). Установку оборудования на наборных металлических прокладках (рис. 3.2.10 в) применяют в тех случаях, когда не предусмотрены регулировочные винты и нет условий для использования тарельчатых шайб и домкратов. Остальные схемы регулирования положения технологического оборудования на фундаменте ясны из рисунка и не требуют дополнительных пояснений.

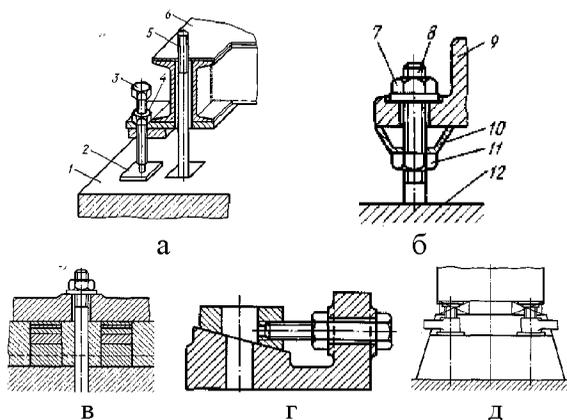


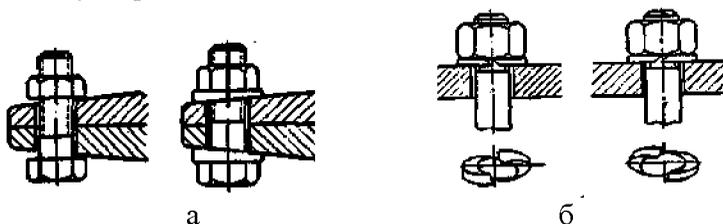
Рисунок 3.2.10 Способы установки оборудования на фундаменте: а – с помощью винтов; б – на установочных гайках; в – на наборных металлических прокладках; г – на регулируемых башмаках; д – на домкратах (1, 12 – фундаменты, 2 – опорные пластины, 3 – регулировочный винт, 4, 7 – стопорная и крепежная гайки, 5, 8 – тарельчатая шайба, 11 – установочная гайка)

Надежность технологических линий кормоцехов зависит от качества сборки оборудования. Известно, что около 70% разрушений соединений происходит из-за срыва резьбы от чрезмерной затяжки и одностороннего среза резьбы при сборке соединений с перекошенными или несовпадающими отверстиями под болт.

Собирая резьбовые соединения, необходимо выполнять ряд требований. Во-первых, гайка должна наворачиваться на болт свободно от руки до места посадки. Если гайка идет туго, резьбу болта и гайки следует восстановить или заменить болт и гайку новыми. Не рекомендуется наворачивать гайку при помощи ключа с большим усилием, так как можно сорвать резьбу, и применять гайки, не соответствующие диаметру болтов. Торец гайки должен быть перпендикулярен к оси резьбы, иначе при затяжке гайки болт и резьба деформируются.

Резьба деформируется также при соединении полок швеллерных и двутавровых балок без установки под болты и гайки косых шайб (рис. 3.2.11а). На торце гайки и плоскости шайбы не должно быть забоин, вмятин и задиров, так как при завертывании гайки резко возрастает сопротивление, что может создать ложное впечатление хорошей затяжки, а в действительности гайка будет накручена слабо. Во-вторых, кормоприготовительные машины подвержены вибрации, поэтому необходимо принимать меры против самоотвинчивания гаек.

Простейшим способом стопорения гаек является установка пружинных шайб. Пружинные шайбы ставят соответственно для болтов с правой (рис. 3.2.11б) и левой резьбой. Их отличают только по направлению среза. И, в-третьих, соединяя детали болтами, необходимо соблюдать последовательность затяжки гаек, чтобы не вызвать деформации и коробления (рис. 3.2.11в). Сначала гайки затягивают на половину, а потом в той же последовательности до конца. Не разрешается пользоваться для соединения деталей пружинными шайбами, бывшими в употреблении.



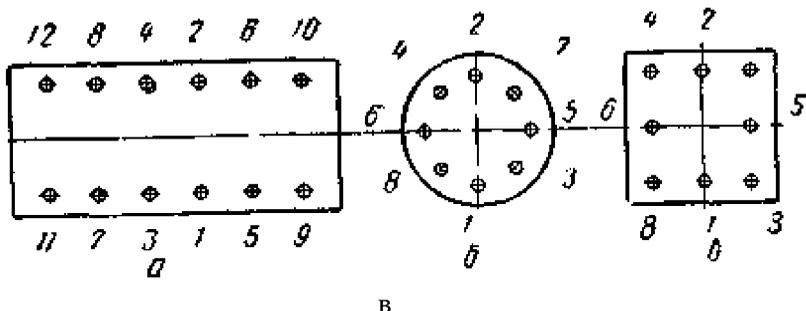


Рисунок 3.2.11 Особенности сборки резьбовых соединений:

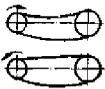
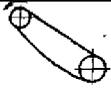
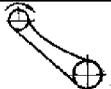
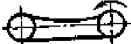
а) косыми шайбами (а – неправильно; б – правильно); б) пружинными шайбами (правая резьба): а – правильно; б – неправильно; в) последовательность затяжки гаек при монтаже деталей (а – удлиненных; б – круглых; в – квадратных)

В сборку входит установка, проверка и крепление звездочек на ведущем и ведомом валах, надевание и соединение цепей и натяжка их. Чтобы приводная цепь правильно набегала на зубья, оси звездочек должны лежать в одной плоскости и быть взаимно параллельными. До закрепления звездочки на валу проверяют величину радиального и торцевого биения, которая не должна превышать 0,05 – 0,06 мм на каждые 100 мм диаметра звездочки для быстроходных передач и 0,08 мм для тихоходных.

Расположение ведущей и ведомой ветвей влияет на работоспособность передачи. Поэтому ведущую и ведомую звездочки рекомендуется устанавливать по данным таблицы 3.2.2 с учетом передаточного числа i , межцентрового расстояния A и шага цепи t .

После сборки к цепной передаче предъявляют следующие требования: оси валов должны быть взаимно параллельными (допускается отклонение от параллельности не более 0,1 мм на каждые 1000 мм межцентрового расстояния); звездочки должны находиться в одной плоскости (табл. 3.2.2). Пластины цепи должны быть параллельны между собой; сила натяжения цепи должна обеспечивать нормальную работу передачи; шаг цепи должен точно соответствовать шагу звездочек (во избежание поломки зубьев звездочки или обрыва цепи); передача должна работать плавно, без рывков.

Таблица 3.2.2 Расположение цепных передач

Характеристика Передачи	Расположение передачи		Примечание
	правильно	неправильно	
$i > 2$ $A = (30 \dots 50)t$		-	Положение ветвей на работу передачи не влияет
$i > 2$ $A < 30t$			Ведомая ветвь должна быть нижней, избегая захвата дополнительных зубьев звездочки при большом провисании цепи
$i < 1,5$ $A > 60t$			Ведомая ветвь должна быть нижней, предотвращая 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

При монтаже звездочек на вал используют посадки с натягом. Для обеспечения фиксации звездочек на валу используют шпоночные соединения и штифтование ступицы звездочки на валу. При монтаже звездочек на вал с призматической шпонкой (рис. 3.2.12а) звездочку (4) напрессовывают с помощью молотка и оправки. Для того чтобы облегчить процесс напрессовки, шейку вала смазывают маслом. При напрессовке необходимо следить за тем, чтобы шпонка (1) свободно входила в шпоночный паз ступицы звездочки во избежание образования на поверхности паза задиров. Звездочку, напрессованную на вал,

фиксируют от перемещения в осевом направлении стопорным винтом (3). Самоотвинчивание винта предотвращают контргайкой (2). Для того чтобы выставить звездочку в осевом направлении и обеспечить совпадение плоскости звездочки с плоскостью, в которой происходит движение цепи, необходимо отпустить контргайку и стопор, а затем, нанося легкие удары молотком через выколотку, установить звездочку в заданной плоскости.

При монтаже на вал звездочек сборной конструкции (рис. 3.2.12б) на валу закрепляют с помощью штифта 7 ступицу 6. Отверстие под штифт готовят следующим образом. Сначала с одной стороны ступицы сверлят отверстие. Затем ступицу устанавливают на вал в заданное положение и одновременно сверлят отверстия в валу и во второй половине ступицы. После этого конической разверткой вручную (на сверлильном станке или дрелью) также одновременно развертывают отверстия в ступице и в валу, после чего производят установку штифта. Зубчатый венец (5) звездочки крепят к ступице либо заклепками (8), либо болтами. Отверстия под заклепки и болты сверлят с помощью кондукторов. Применение болтов для соединения зубчатого диска со ступицей звездочки позволяет регулировать положение зубчатого венца в осевой плоскости за счет применения прокладок между диском и ступицей. Собранные на валу звездочки щупом или с помощью индикатора проверяют на радиальное и осевое биения (рис. 3.2.12в), значения которых зависят от конструкции звездочек и точности передачи.

Правильность зацепления цепи с зубьями звездочек зависит от взаимного расположения осей валов цепной передачи и взаимного расположения звездочек. Проверку совпадения плоскостей вращения звездочек выполняют с помощью шнура, а при небольших межцентровых расстояниях (до 1000 мм) пользуются линейкой (рис. 3.2.12г). Прикладывая ее ребро к торцам звездочек, проверяют зазор между ними с помощью щупа.

Звездочку при этом необходимо поворачивать, чтобы определить зазор при различных ее положениях. Отклонение от совпадения плоскостей звездочек не должно превышать 2 мм на каждые 1000 мм длины межцентрового расстояния. Положение звездочек на валах можно также проверить, измеряя межосевые расстояния в различных точках между валами передачи.

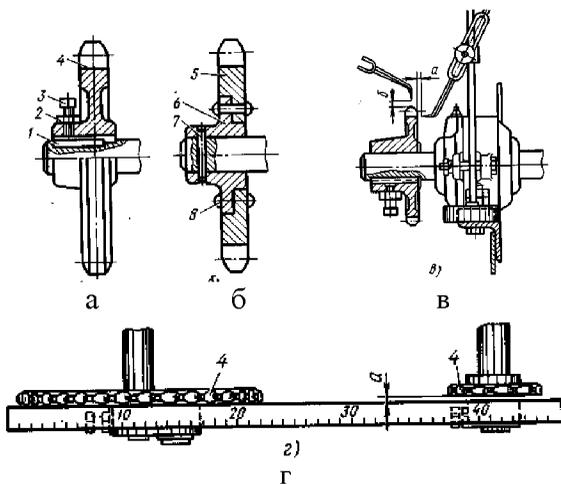


Рисунок 3.2.12 Монтаж звездочек цепной передачи на вал:

а – цельная звездочка, установленная на шпонке, б – звездочка сборной конструкции, в – схема проверки звездочек на осевое и радиальное биения, г – схема проверки совпадения плоскостей звездочек; 1 – шпонка, 2 – контргайка, 3 – винт, 4 – звездочки, 5 – зубчатый венец, 6 – ступица, 7 – штифт, 8 – заклепка

Перед началом монтажа необходимо удалить с цепи консервирующую смазку; затем цепь следует промыть и просушить (сушку обычно осуществляют с помощью сжатого воздуха). После промывки и сушки цепь подгоняют по длине в соответствии с чертежом передачи. Перед подгонкой освобождают от шплинтов или запирающей пластины замыкающее звено цепи и снимают его, отсоединяя группу лишних звеньев. После этого приступают к монтажу цепи, который осуществляют с помощью соединительного (замыкающего) 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. Соединение концов цепи производится либо на верстаке, либо непосредственно на сборочной единице. Последним способом пользуются, если цепь с соединенными концами нельзя надеть на звездочку (например, когда звездочка находится внутри корпуса). При соединении концов роли-

ковых и втулочных цепей непосредственно на собираемой детали применяют рычажные (рис. 3.2.13а) или винтовые (рис. 3.2.13б) стяжки. Пластинчато-зубчатые цепи также сначала надевают на звездочку, а затем их концы стягивают с помощью специальных стяжек и соединяют (рис. 3.2.13в). Фасоннозвенные цепи собирают путем последовательного соединения звеньев, не используя специальных крепящих устройств (при этом надо следить, чтобы крючки были направлены в сторону движения цепи).

Цепь в передаче должна быть установлена так, чтобы ее ведущая нижняя ветвь не была сильно натянута (цепь с небольшим провисанием правильно ложится на зубья звездочки; это уменьшает удары между зубьями последней и звеньями цепи, обеспечивая плавную работу последней и уменьшая износ).

Кроме того, правильное натяжение цепи позволяет снизить нагрузки на детали передачи. Провисание цепи передачи зависит от ее расположения и расстояния между осями звездочек. Для передач, имеющих звездочки с осями, расположенными в горизонтальной плоскости, провисание цепи не должно превышать 0,02 межцентрового расстояния, а для передач со звездочками, имеющими оси, расположенные в вертикальной плоскости, – 0,002 межцентрового расстояния.

Качество сборки цепной передачи проверяют, вращая звездочку вручную или с помощью рычага. Таким способом определяют плавность и легкость хода передачи. При вращении передачи цепь не должна соскакивать, а каждое ее звено должно легко садиться на зуб звездочки и сходиться с него. Правильность сцепления цепи и звездочки определяют внешним осмотром. После испытания передачи отпечатки от трения втулок или роликов о зубья звездочки должны быть одинаковыми на всех зубьях и занимать приблизительно $1/3$ зуба по высоте.

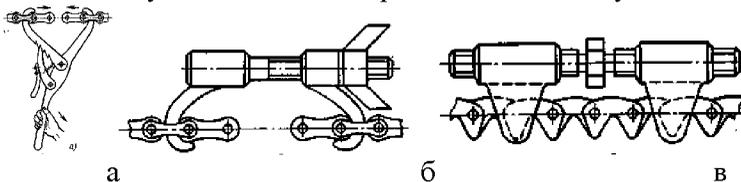


Рисунок 3.2.13 Стяжки для соединения концов цепи:
а – рычажная, *б* – винтовая для роликовой и втулочной цепей, *в* – винтовая для зубчатой цепи

Долговечность приводных цепей зависит от межцентрового расстояния звездочек. Чем больше это расстояние, тем меньше пробегов в единицу времени совершают звенья цепи и цепь будет долговечнее. Однако межцентровое расстояние не должно превышать $A_{\max} = 80t$. Межцентровое расстояние считают наилучшим, когда оно находится в пределах $A = (30 \div 50)t$. В кормоприготовительных машинах цепи передают вращение от двигателя к рабочему органу, а также работают как тяговые (загрузочные транспортеры измельчителей, дробилок, ленты скребковых транспортеров). Приводные цепи поставляют уже установленные на машины, или завернутыми в водонепроницаемую бумагу. Ленты скребковых транспортеров поступают на монтаж свернутые в бухты. Для получения бесконечной цепи концы ее соединяют при помощи звеньев (рис. 3.2.14а–б). Соединительное звено применяют для цепи с четным количеством звеньев. Цепь с нечетным количеством звеньев соединяют переходным звеном с одним валиком. В открытых передачах, когда звездочки расположены на концах валов, цепь соединяют на верстаке и надевают на звездочки в собранном виде. В закрытых передачах цепь собирают на машине. Концы соединяемой цепи сближают вручную или при помощи стяжек (рис. 3.2.14в).

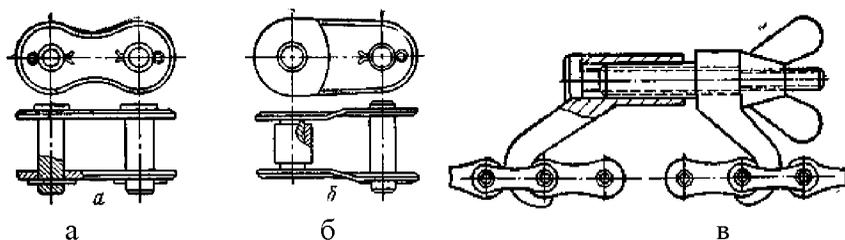


Рисунок 3.2.14 Соединительные элементы цепи:
а–б) звенья (а – соединительное; б – переходное); в) стяжка для сближения концов

Собранные цепи натягивают с небольшим провисанием (рис. 3.2.15). Величина стрелы провисания f_1 (рис. 3.2.16) цепи приводных цепей должна быть не более 2% величины межцентрового расстояния L для горизонтальных передач и передач с углом наклона к горизонту до 45° . С увеличением угла наклона передачи допускаемая стрела провисания f_2 уменьшается и для вертикальных передач ее величину

принимают не более 0,02%. Величину провисания цепи регулируют натяжным устройством цепной передачи.

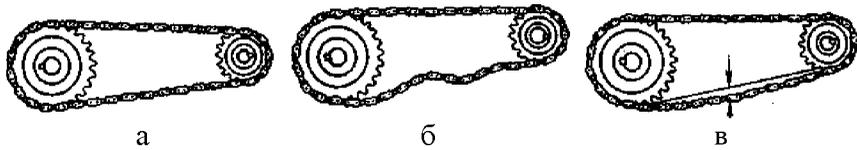


Рисунок 3.2.15 Регулировка натяжения цепей:

а – чрезмерное; б – слабое; в – нормальное

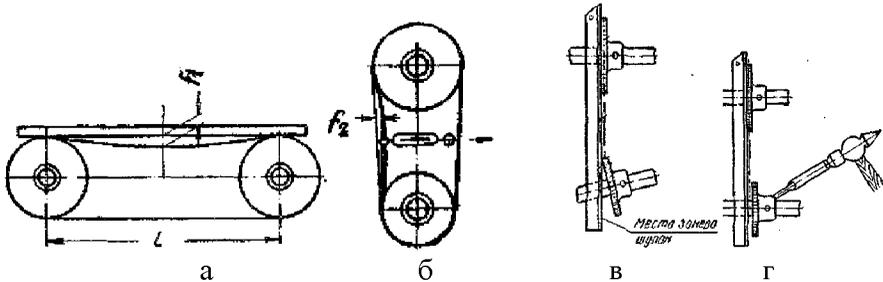


Рисунок 3.2.16 Проверка элементов цепных передач:

а–б) провисание приводных цепей; в–г) положения звездочек цепных передач (в – оси звездочек не параллельны (1 – звездочка; 2 – линия-ка); г – оси звездочек параллельны)

Неразъемные шкивы ременных передач монтируют на концах валов с использованием посадок с натягом. Шейка вала под установку шкива может быть выполнена конической или цилиндрической. На цилиндрические шейки шкивы устанавливают с помощью клиновых (рис. 3.2.17а) или призматических (рис. 3.2.17б) шпонок. При установке шкива на призматическую шпонку на валу выполняют буртик (1), фиксирующий положение шкива в осевом направлении. Во избежание перемещения в осевом направлении в процессе работы шкив дополнительно крепят гайкой или шайбой (2) со стопорным винтом (3). Такое же дополнительное крепление применяют при установке шкива на коническую шейку вала (рис. 3.2.17в). В случае использования клиновых шпонок дополнительного крепления шкивов не требуется. Клиновые шпонки для установки шкивов применяют только в тихоходных передачах, так как они вызывают смещение оси ступицы относительно оси вала, что недопустимо в

быстроходных передачах. При небольшой длине ступицы такое смещение может привести к перекосу шкива на валу. В случае использования призматических шпонок также происходит некоторое смещение ступицы относительно вала, но оно значительно меньше, чем при использовании клиновых шпонок, поэтому передачи с призматическими шпонками обеспечивают большую точность. Если требуется повышенная точность расположения шкива относительно вала передачи, то при установке шкива на шейку вала применяют шлицевое соединение (рис. 3.2.17г): оно обеспечивает большую точность центрирования, чем шпоночное, и меньший износ посадочных мест. Для установки шкивов на вал применяют различные винтовые приспособления. Одним из них является винтовая скоба (рис. 3.2.17), служащая для установки шкива на вал с помощью призматической шпонки. Разъемный хомутик (1) приспособления надевают на вал и упирают в буртик. Тяги (2) приспособления пропускают между спицами шкива, а на его ступицу устанавливают прокладку (4). При вращении винта (3) шкив постепенно напрессовывается на вал. Во избежание перекоса при напрессовке одновременно с вращением винта наносят легкие удары по прокладке, установленной на ступицу.

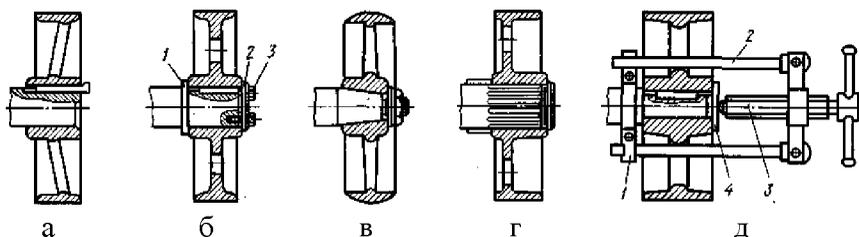


Рисунок 3.2.17 Установка шкивов ременной передачи на валу: а – клиновая шпонка; б – призматическая шпонка; в – коническая шейка вала; г – шлицевое соединение (1 – буртик, 2 – шайба, 3 – винт); д – приспособление для напрессовки шкива на вал (1 – хомутик; 2 – тяга; 3 – винт; 4 – прокладка)

Основным условием правильной сборки клиноременных передач является параллельное расположение осей ведущего и ведомого валов и совпадение плоскостей клиновых канавок шкивов. Параллельность валов шкивов приближенно проверяют рейсмусом и ме-

таллической струной (рис. 3.2.18). Совпадение плоскостей клиновых канавок определяют металлической линейкой (рис. 3.2.18а), прикладываемой к боковым поверхностям шкивов. При одинаковой ширине шкивов точки на этих поверхностях при всех положениях линейки должны лежать на одной прямой. 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. В процессе монтажа ответственных высокооборотных клиноременных передач проверяют индикаторами (1) (рис. 3.2.18б) торцевое и радиальное биение шкивов (2). Величина допусков на биение шкивов приведена в таблице 3.2.3.

Причинами биения шкива на валу могут быть изгиб вала, некачественная механическая обработка шкива, неправильная посадка последнего на вал при сборке. Проверку на биение осуществляют с помощью рейсмаса-чертилки (рис. 3.2.18 а) или индикатора. В первом случае числовое значение биения устанавливают щупом, а во втором – отсчетом по шкале индикатора. Помимо биения на качество работы передачи большое влияние оказывает взаимное расположение шкивов, которое в значительной степени зависит от взаимного расположения валов передачи. Прямолинейность осей шкивов (их расположение на двух параллельных валах) определяют с помощью стрелок и отвеса (рис. 3.2.18б).

Проверку в этом случае производят следующим образом. На валы вместо шкивов устанавливают втулки со стрелками так, чтобы последние соприкасались со шнуром. Если после поворота валов на 180° стрелки не соприкасаются со шнуром, это свидетельствует об отклонении оси вала от параллельности. После установки шкивов на такие валы при работе передачи будет наблюдаться биение. Проверить взаимное расположение осей валов ременной передачи можно и другим способом (косвенным). Для этого используют линейку и шнур с отвесом. Ребро линейки прикладывают к торцевым поверхностям шкивов, установленных на валу (рис. 3.2.18в), и плотность прилегания определяют с помощью щупа. Если линейка прилегает неплотно, это свидетельствует о перекосе осей передачи. Измерение зазора производят в точках А, Б, В и Г. При контроле с помощью отвеса (рис. 3.2.18г) измеряют расстояние от шнура до торцевых по-

верхностей шкивов в точках А, Б, В и Г. Колебание этого расстояния также свидетельствует о перекосе осей.

Если шкив установлен на валу, шейка которого свободно вращается в подшипниках и стремится остановиться после окончания вращения в одном определенном положении, то это свидетельствует о том, что его центр тяжести не совпадает с геометрической осью вращения. Такое явление, называемое неуравновешенностью шкива, приводит к возникновению в передачах маховых моментов, которые способствуют повышению интенсивности износа подшипниковых опор. Поэтому перед установкой на вал шкивы должны быть специально отбалансированы.

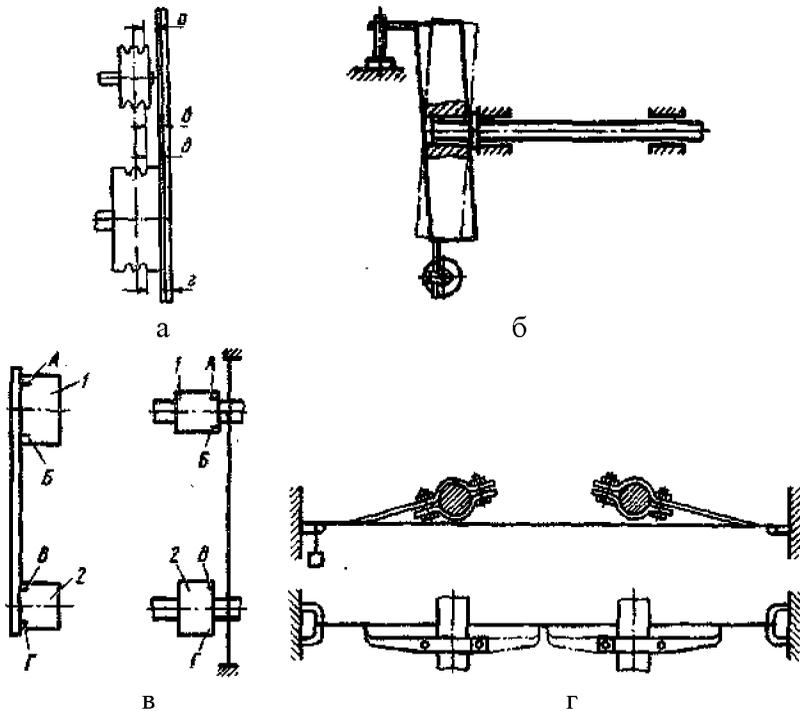


Рисунок 3.2.18 Контроль взаимного расположения валов передачи:
 а – осевого и радиального биения шкива (рейсмасом), б – прямолинейности осей шкивов отвесом и стрелками (1, 2 – шкивы передачи), в – параллельности осей шкивов (линейкой), г – параллельности осей шкивов отвесом

Таблица 3.2.3 Допуски на биение шкивов

Биение	Диаметр шкива, мм			
	до 150	150-300	300-600	свыше 600
	допуск, мм			
Торцевое	0,1	0,15	0,25	0,40
Радиальное	0,05	0,08	0,12	0,25

Различают два вида балансировки — статическую и динамическую. Статической балансировке подвергают окончательно обработанные шкивы. Осуществляют эту балансировку на призмах, роликах и дисках. Установка с параллельными призмами (рис. 3.2.19а) представляет собой две расположенные на плите параллельно друг другу стойки (тумбы), на которых закреплены призматические направляющие. Принцип балансировки на призмах основан на том, что если неуравновешенную деталь (шкив) установить на стенд так, чтобы ось ее вращения была перпендикулярна призмам, то сила тяжести неуравновешенной массы создаст вращающий момент, который заставит деталь перекашиваться по призмам. Когда неуравновешенная масса займет крайнее нижнее положение, деталь будет находиться в состоянии покоя.

Для проведения балансировки на роликовых приспособлениях (рис. 3.2.19б) деталь (шкив) устанавливают на оправку. На роликовых приспособлениях балансировке подвергают, как правило, шкивы больших размеров, поэтому для ее осуществления необходимо использовать сборочно-испытательные стенды. Балансировка на стенде с вращающимся диском (рис. 3.2.19в) является наиболее совершенной, так как благодаря расположению дисков в разных плоскостях удастся значительно уменьшить угол α и, следовательно, повысить точность балансировки.

Статическая балансировка с помощью этих устройств производится следующим образом. На обод шкива наносят риску и несколько раз вращают шкив на ножевых опорах, которые должны быть тщательно отшлифованы, закалены и выверены в горизонтальной плоскости. Если в процессе проверки шкив останавливается так, что риска занимает каждый раз новое положение, то это значит, что шкив сбалансирован и может быть установлен на вал. Если риска

после остановки шкива занимает каждый раз одно и то же положение, то это свидетельствует о дисбалансе, то есть нижняя часть шкива в момент остановки тяжелее верхней.

В этом случае шкив следует отбалансировать, используя два способа – уменьшая вес нижней части путем высверливания отверстий или увеличивая вес верхней части путем высверливания отверстий и заливки их свинцом. Этот метод балансировки позволяет уравновесить деталь относительно оси ее вращения, но не устраняет действия сил, стремящихся повернуть продольную ось шкива.

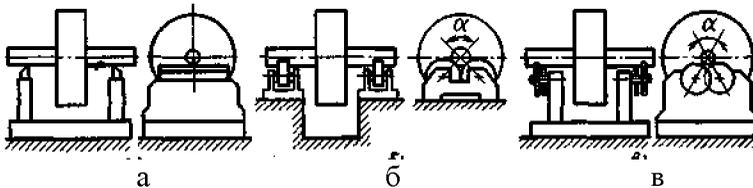


Рисунок 3.2.19 Устройства для статической балансировки шкивов:
а – с параллельными призмами, б – роликовое, в – дисковое

Надетые на шкив ремни должны быть хорошо натянуты для создания трения между ремнем и шкивом. Натяжение S ремня определяют из формулы:

$$S = S_1 + S_2 + S_3,$$

где S_1 — натяжение, возникающее за счет собственной упругости ремня при надевании его на шкив; S_2 — натяжение от собственного веса ремня; S_3 — натяжение в ремне, создаваемое натяжным устройством передачи.

Составляющие S_1 и S_2 обычно малы, и ими при монтаже можно пренебречь. Решающее значение при определении тяговой способности ремня и коэффициента полезного действия передачи имеет составляющая S_3 . Слабо натянутый ремень «бьет» и проскальзывает на шкивах. Тяговое усилие передачи при этом резко падает. Чрезмерно натянутый ремень теряет эластичность, способность к упругому скольжению и быстро приходит в негодность. Простейший способ контроля натяжения ремней состоит в определении стрелы прогиба при приложении к ремню тарированного груза (рис. 3.2.17а). У нормально натянутого ремня прогиб f в середине между шкивами должен быть в пределах 1 – 1,5% от межцентрового расстояния при прило-

жении к нему груза 7 – 8 кг. Межцентровое расстояние между шкивами не должно быть меньше значений, приведенных в таблице 3.2.4. Запрещается надевать клиновые ремни на шкивы, у которых канавки покрыты коррозией, грязью, краской или маслом; применять ремни с поперечным сечением большим или меньшим нужного для данной передачи (рис. 3.2.20б–г).

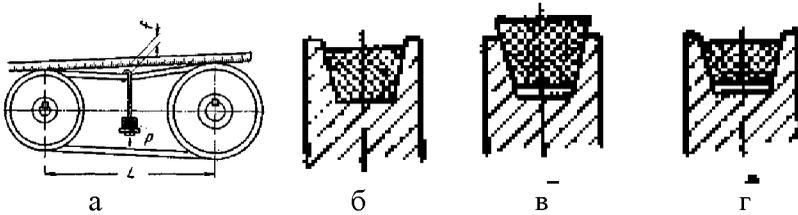


Рисунок 3.2.20 Проверка клинового ремня тарированным грузом: а – натяжения; б–г – положения (б–в – неправильно, г – правильно)

Таблица 3.2.4 Минимальное допустимое расстояние между осями шкивов (без натяжного ролика), мм

Диаметр меньшего шкива, мм	Диаметр большого шкива, мм										
	200	300	400	500	630	710	800	900	1000	1120	1250
50	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	1,8	1,9	2,2	2,4	2,8	3,0
100	–	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,6	2,9
160	–	–	0,6	0,8	1,2	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,7
200	–	–	0,5	0,7	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,6
250	–	–	–	0,6	1,0	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6
320	–	–	–	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3
360	–	–	–	–	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2
400	–	–	–	–	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1
450	–	–	–	–	–	0,8	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1
500	–	–	–	–	–	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	1,9

Для компенсации вытяжки ремней в процессе их эксплуатации, компенсации отклонений длины клиновых, поликлиновых и зубчатых ремней, а также легкости одевания новых ремней предусмотрено регулирование межосевого расстояния ременной передачи. Натяжное устройство должно обеспечивать изменение межосевого расстояния в

пределах $a_{-0,03a}^{+0,06a}$ (где a – номинальное значение межосевого расстояния).

Чаще всего натяжение осуществляют прямолинейным перемещением электродвигателя (рис. 3.2.21а), поворотом плиты (рис. 3.2.21б), оттяжным (рис. 3.2.21в) или натяжным роликом (рис. 3.2.21г). Ось качания (1) расположена так, чтобы угол β был близок к прямому. Если этот угол будет близок к 180° , то межосевое расстояние при повороте плиты изменяется мало.

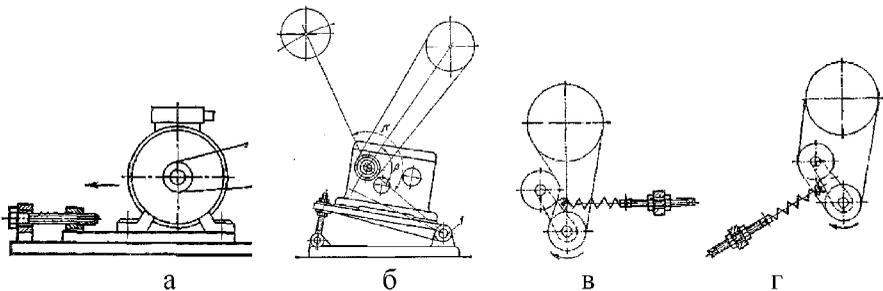


Рисунок 3.2.21 Конструктивные схемы натяжения ременных передач

Сварочные работы, составляющие около 10% всех работ, применяют при монтаже нестандартного технологического оборудования, соединении машин в поточные технологические линии, монтаже трубопроводов. Чтобы снизить трудоемкость сварочных работ при монтаже, необходимо предварительно заготавливать крупные детали и узлы в мастерских, а на монтажной площадке только соединять их сварным швом. Если все сварочные операции выполнять в кормоцехе, трудоемкость сварочных работ возрастет и может достигнуть 30% общей трудоемкости всех работ. Газовую сварку стальных изделий толщиной до 2,5 мм выполняют инжекторными сварочными горелками. Кислородную резку применяют для мало- и среднеуглеродистых сталей с содержанием углерода не более 0,6%. При большем содержании углерода сталь режется плохо. Чугун, медь и ее сплавы, алюминий и высокоуглеродистую сталь газовым пламенем не режут. Газовую резку металлов выполняют резаком.

Газовую сварку применяют при ремонте изделий из листовой стали толщиной до 2,5 – 3 мм, резервуаров небольшой емкости, при монтаже труб малых и средних диаметров. Удельный вес ее в общем объеме сварочных работ составляет 5 – 10%.

К сварочным соединениям, выполняемым электродуговой сваркой, предъявляют повышенные требования прочности и непроницаемости. Прочность сварного шва определяет его положение в пространстве (рис. 3.2.22). Наиболее неудобным для выполнения и трудоемким является потолочный шов. Если прочность нижнего шва принять условно за единицу, то прочность вертикального шва будет равна 0,9, горизонтального 0,85 и потолочного 0,8.

Рекомендуется по возможности избегать потолочных, вертикальных и горизонтальных швов. Их можно использовать только для монтажных соединений узлов. Прочность сварных швов зависит также от квалификации сварщика. Для сварщиков средней квалификации ослабление средней прочности образца достигает 20%, для опытных сварщиков – до 10% [91].

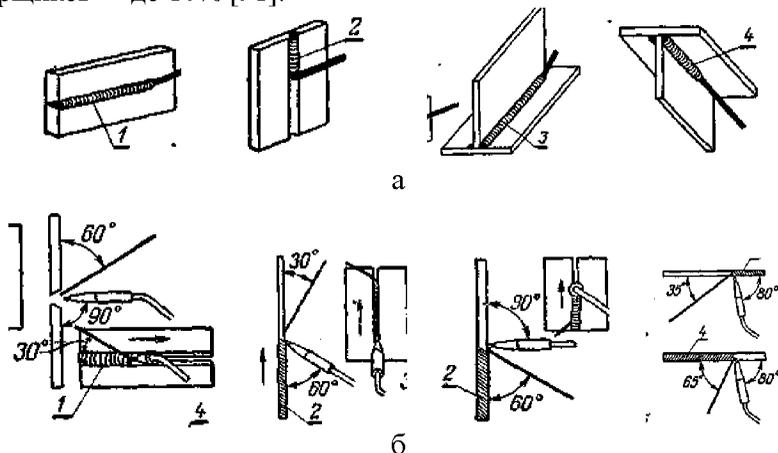


Рисунок 3.2.22 Положение сварных швов в пространстве:
а – дуговая сварка (1 – горизонтальный шов; 2 – вертикальный шов; 3 – нижний шов; 4 – потолочный шов); *б* – газовая сварка

При ручной сварке в монтажных условиях прочность сварных швов меньше прочности основного металла. Это необходимо учитывать при изготовлении приспособлений для подъема и перемещения

грузов, сварке фундаментов и каркасов под электродвигатели, насосы и машины, испытывающие вибрацию. Необходимо стремиться снизить количество сварных соединений. Действующие на узел внешние нагрузки должны восприниматься элементами узла, а не сварным швом (рис. 3.2.23) [91].

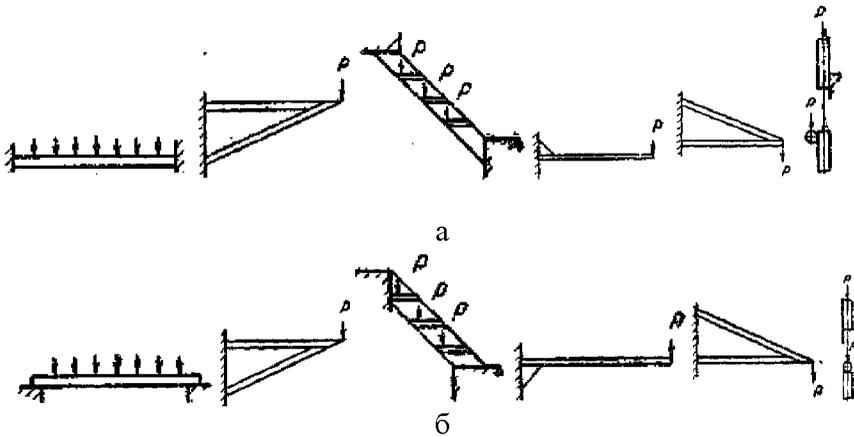


Рисунок 3.2.23 Схема сварки узлов при монтаже кормоцехов:
а – неправильно; *б* – правильно

Наименьшая длина силового шва без непровара в начале и в конце для сталей толщиной более 4 мм должна быть не менее 40 мм. Непровар при ручной сварке составляет 2–3 толщины свариваемого металла. Элементы металлоконструкций, предназначенные для передачи усилий, должны иметь толщину шва не менее 4 мм. Для одного и того же соединения можно принять несколько типов швов, обладающих различной ориентировочной прочностью (табл. 3.2.5).

При сварке металлоконструкций не следует применять сварные швы, показанные на рисунке 3.2.24, так как они, кроме сильного коробления, обладают малой прочностью, а также наплавливать толстые швы. Излишне наплавленный металл вызывает неравномерное распределение усилий в соединении и увеличивает внутренние напряжения. Увеличивать высоту шва допускается до 1,2–1,25 толщины свариваемого металла. Дальнейшее увеличение высоты наплавленного металла практически прочность шва не увеличивает.

Если свариваемый металл покрыт окалиной, ржавчиной, загрязнен маслом, масляной краской или поверхность получена в результате обрезки кислородным пламенем, то прочность шва снижается. Поэтому свариваемые места должны быть очищены. Диаметр электрода при сварке вертикальных швов не должен превышать 6 мм, а при потолочной сварке – 4 мм.

Таблица 3.2.5 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

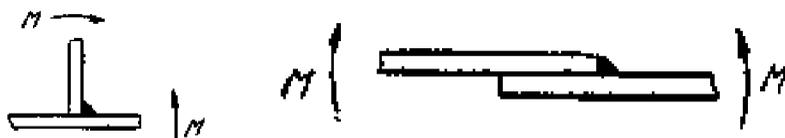
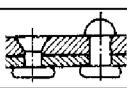
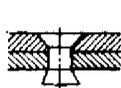


Рисунок 3.2.24 Типы сварных швов, не рекомендуемые для сварки

Заклепочное соединение считается хорошо выполненным, если правильно поставлены заклепки, оформлены заклепочные головки и отсутствуют засечки и забоины в деталях соединения. Прочность заклепок проверяется простукиванием молотком по заклепке: плохо по-

ставленная заклепка дает дребезжащий звук. В случаях несоблюдения технологического процесса могут возникать дефекты по ряду причин: несоответствие диаметра отверстия диаметру заклепки; несоответствие длины стержня толщине склепываемых деталей; плохое прилегание склепываемых деталей друг к другу; неисправный или неправильно подобранный инструмент (табл. 3.2.6).

Таблица 3.2.6 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

Гибка применяется для придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру. В процессе гибки металл подвергается одновременному действию растягивающих и сжимающих усилий. На наружной, стороне (рис. 3.2.25) волокна металла растягиваются, и длина их увеличивается. На внутренней же стороне волокна, наоборот, сжимаются, а длина их укорачивается. И только нейтральный слой в момент сгиба не испытывает ни сжатия, ни растяжения. В тех случаях, когда напряжения изгиба не превышают предела упругости материала, деформации заготовки будут упругими, и после снятия напряжений заготовка примет свой первоначальный вид. Для получения изогнутой заготовки необходимо, чтобы напряжения изгиба превышали предел упругости, тогда деформация заготовки будет пластической. При гибке заготовок из листового металла пластическая деформация всегда сопровождается упругой деформацией. Поэтому в согнутой на определенный угол заготовке после снятия напряжения происходит явление распружинения, то есть угол загиба, как правило, увеличивается, а заготовка немного выпрямляется. Угол, на который выпрямляется заготовка вследствие упругой отдачи или пружинения, называется углом деформации. Величина этого угла зависит от марки металла и толщины заготовки, а также от радиуса гибки.

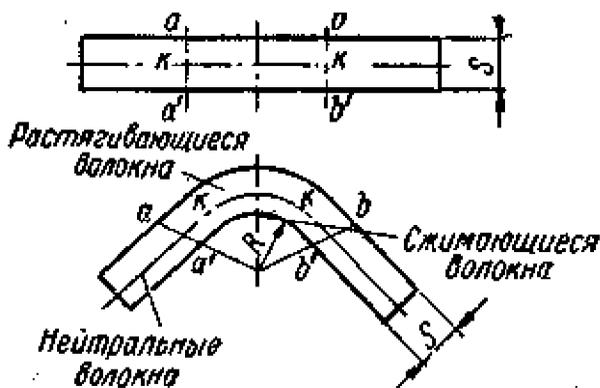


Рисунок 3.2.25 Схема расположения волокон металла при гибке

Очередность установки машин на фундаменты зависит от технологической схемы кормоцеха. Сначала устанавливают наиболее тяжелые машины, обладающие большими габаритами, и машины,

доступ к которым ограничен. К ним относятся смесители-запарники кормов, питатели, дробилки и измельчители. После этого начинают монтировать транспортеры и вспомогательное технологическое оборудование. Смесители и запарники являются основными машинами кормоцеха. К ним сходятся все технологические линии предварительной переработки кормов и отбора готовых кормовых смесей. Это позволяет принимать смесители и запарники за базовые машины и по ним контролировать точность монтажа и установки каждой машины кормоцеха в отдельности и всего оборудования в целом. Допуски на точность установки смесителей и запарников рекомендуется принимать не более ± 20 мм от номинального положения в плане и ± 10 мм по высоте. Положение машин проверяют в нескольких взаимно перпендикулярных плоскостях и отвесом по торцевым стенкам.

Эксплуатация смесителей и запарников связана с потреблением большого количества пара и воды. Паровые и водяные трубы устанавливают после окончательной проверки положения машин на фундаментах. Если при монтаже не будет обеспечена достаточная непроницаемость сварных, фланцевых, резьбовых и других соединений, то через некоторое время вокруг смесителей и запарников скапливается влага. Мокрые полы, загрязненные мелкой пылью и кусочками перерабатываемых кормов, создают антисанитарные условия для работы обслуживающего персонала.

Нельзя также допускать утечку пара из-за неплотных загрузочных и смотровых люков, вентиляей. Кроме бесполезных затрат топлива, утечка пара приводит к увеличению влажности воздуха в кормоцехе, что отрицательно влияет на работу электрооборудования и электроаппаратуры, вызывает усиленную коррозию машин и уменьшает сопротивляемость организма людей к простудным заболеваниям, особенно зимой. Источником обильного выделения пара при выгрузке готовых кормов являются выгрузные горловины, сливные патрубки, люки смесителей и запарников. Поэтому при монтаже оборудования бункеры, куда загружают готовый корм, должны быть оборудованы местной вентиляцией. Кроме того, в кормоцехе устраивают общую принудительную и естественную приточно-вытяжную вентиляцию.

Монтаж трубопроводов, особенно паровых, к смесителям и запарникам следует вести так, чтобы они проходили в стороне от рабо-

чих мест обслуживающего персонала, были доступны для промывки и ремонта, не создавалась опасность для жизни людей. Перед входом в машину у паровой и водяной труб должны быть вентили. Эксплуатация смесителей и запарников возможна, если компоненты для переработки загружают, и готовые корма отбирают механизированным способом, равномерно и без перебоев. Поэтому при монтаже необходимо заранее знать расположение загрузочных и выгрузных механизмов относительно смесителя или запарника и схему их крепления. Механизмы для подачи кормов обычно крепят к загрузочным горловинам смесителей и запарников.

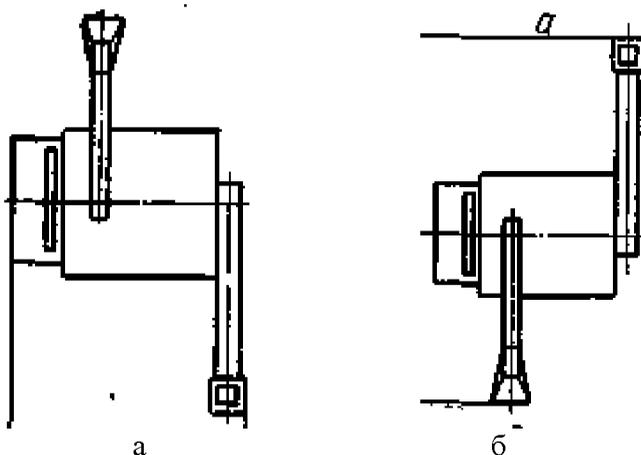
Транспортеры для отбора готовых кормов располагают ниже уровня смесителей и запарников, для этого устраивают бетонированные приемки. Это ограничивает возможность взаимного смещения машин при их монтаже. Кроме того, приемки являются местом скопления влаги и мусора и их надо делать из бетона более высококачественных марок. Размеры приемков должны быть такими, чтобы можно было удобно очищать их от загрязнения и легко проникать ко всем узлам выгрузных механизмов при обслуживании.

У большинства смесителей и запарников нет тепловой изоляции наружной поверхности корпуса и при запаривании кормов они нагреваются до 80 – 90°С. Поэтому схемы размещения оборудования в кормоцехах разрабатывают так, чтобы рабочие обслуживали машины со стороны торцевых стенок, где тепловое излучение машин меньше. Кроме того, механизмы управления отнесены от корпуса на безопасное расстояние. Несмотря на это, между смесителями и запарниками необходимо предусматривать проходы шириной не менее 600мм. Не рекомендуется проводить в этих проходах трубы санитарно-технических систем, паро- и водопроводы, трубы электроразводки. Проходы всегда должны быть свободными и очищены от мусора.

Заводскими инструкциями по эксплуатации требуется ежедневно после окончания рабочей смены очищать и промывать машины от остатков кормов. Остатки удаляют из корпуса через выгрузные горловины самотеком, а из кормоцеха – по канализационным трубам. В тех кормоцехах, где нет канализации, и устройство ее связано с трудностями, для удаления отходов используют кормовые транспортеры или специальный насос, который устанавливают ниже сливного отверстия смесителя или запарника не менее чем на 500 мм.

Для наблюдения за процессом приготовления кормовых смесей вокруг смесителей и запарников, имеющих высоту более 1,7 м, на уровне верхних крышек устраивают рабочие и переходные мостики шириной 1 м. По всему периметру мостика делают ограждение высотой 1100–1200 мм с одним средним прутом. Верхний поручень ограждения изготавливают из водогазовых или тонкостенных электросварных труб с наружным диаметром 25–30 мм, стойки – из труб диаметром 20–25 мм. Расстояние между стойками не должно превышать 1200 мм. Для среднего прута применяют металлическую полосу сечением 2×40 мм, трубу или круглый прут диаметром 12–16 мм. Ограждение не должно иметь острых углов. В электросварных швах зачищают заусенцы, острые наплывы и сварочные капли металла. Полы мостиков делают из досок толщиной 40 мм, соединенных в шпунт. По наружному контуру полов прибивают брусок сечением 50×50 мм.

Конструкция и расположение рабочих мостиков должны обеспечивать свободный и безопасный доступ ко всем узлам загрузочных механизмов, подающих корм в смесители, позволять выполнять техническое обслуживание машин и мелкие ремонтные работы. Монтируют смесители по схеме а или б (рис. 3.2.26). Схемы в и г следует по возможности не применять, так как совмещение подачи кормов в смеситель и выгрузки готовых кормов из смесителя с одной стороны вызывает неудобства в процессе эксплуатации [91].



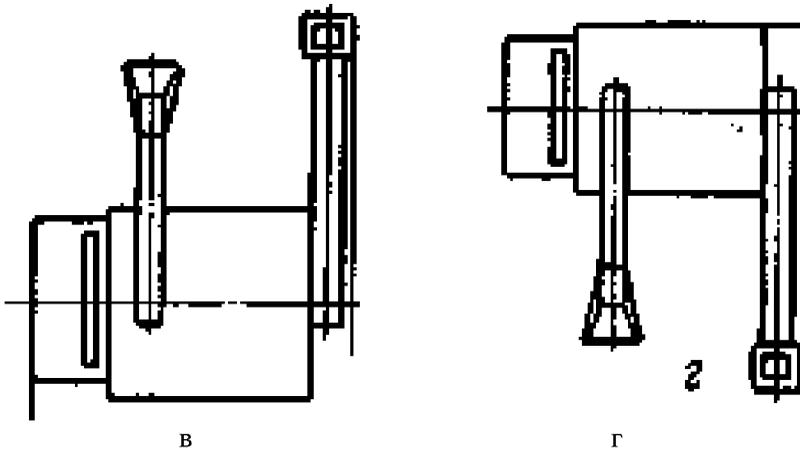


Рисунок 3.2.26 Схемы установки смесителя в кормоцехе:
а и б - рекомендуемые; в- г - не рекомендуемые

Измельчители должны находиться в отдельных помещениях, оборудованных вытяжной вентиляцией, естественным освещением и широким проездом для транспорта. Корма подвозят кормораздатчиками и перегружают их на транспортер измельчителя. Если планировка кормоцеха не позволяет осуществить такую схему расположения машин и корма на измельчитель подают вручную, необходимо обезопасить обслуживающий персонал от повреждений вилами рабочего, разравнивающего корм на транспортере (рис. 3.2.27б).

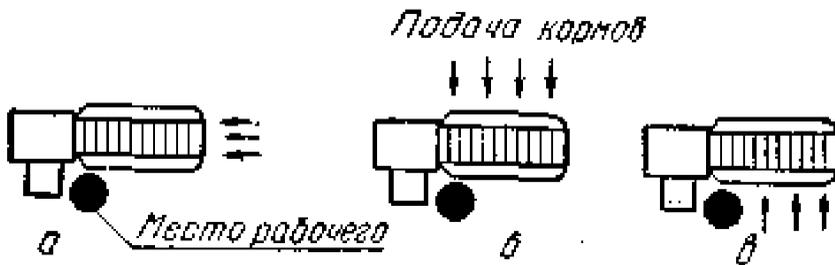


Рисунок 3.2.27 Подача кормов на измельчитель:
а - правильно; б - допускается; в - неправильно

Дробилки кормов устанавливают в кормоцехе в специальных изолированных помещениях или в пристройках, примыкающих к кормоцеху. Кормодробилки работают независимо от остальных машин кормоцеха. Наличие у них мощных вентиляторов позволяет подавать измельченный продукт по пневмопроводу в емкости питателей для накопления и хранения.

Поэтому дробилки монтируют во время выполнения работ по оборудованию кормозаготовительных площадок и отделений. Существуют различные варианты размещения кормодробилок в кормоцехе, однако основным является монтаж с отдельно вынесенным циклоном. Работы сводятся к установке самой кормодробилки, установке циклона над бункером питателя, соединению циклона с дробильной камерой и вентилятором при помощи металлических трубопроводов и подключению к электросети [91].

Установка питателей проверяется уровнем, линейкой в виде ровного куска уголка длиной 4–4,5 м, стальной струной или прочным, хорошо натянутым капроновым шнуром. Не допускается, чтобы шнеки-питатели располагались один относительно другого на разных уровнях или под углом в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 3.2.28). Это приведет к тому, что приводные цепи шнеков не будут правильно набегать на звездочки и быстро выйдут из строя. Для подгонки шнеков-питателей рекомендуется пользоваться тонкими металлическими прокладками толщиной не более 5 мм.

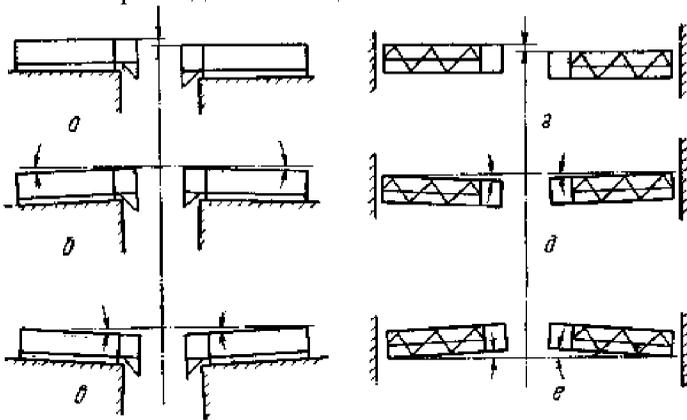


Рисунок 3.2.28 Неправильная установка шнеков-питателей:
a–в – вертикальная плоскость; *г–е* – горизонтальная плоскость

Все трубопроводы должны иметь уклон в направлении движения продукта. Величину уклона обычно указывают в технической документации на трубопровод. Так, например, если уклон $i = 0,01$, то это значит, что он равен 10 мм на 1 м длины трубопровода. Если на чертежах нет указаний о величине уклона, его можно выбрать из таблицы 3.2.7.

Таблица 3.2.7 Минимальная величина уклона трубопроводов

Назначение трубопровода	Величина длины уклона, м на 1 м трубопровода	
	по ходу продукта	против хода продукта
Для негорючих газов, пара и теплопроводов	0,001	0,003
Для горючих газов	0,002	0,003
Для воды и легкоподвижных неагрессивных жидкостей	0,002	—
Для высокоагрессивных продуктов	0,003	—
Для различных продуктов при возможности их замерзания	0,004	—
Для высоковязких и застывающих продуктов	0,02	—

Намечая трассу трубопровода и определяя уклон, необходимо выполнить следующие требования.

1. Трубопровод должен быть легко доступен для монтажа, технического обслуживания и ремонта, а расстояние между трубами, не имеющими изоляции, должно быть не менее 25 мм.

2. Трасса трубопровода должна быть увязана с размещением технологического оборудования, не должна пересекать окна, двери, проходы, лестницы и т. д.; трубы по возможности следует прокладывать параллельно, и они не должны соприкасаться при пересечении.

3. При разбивке трассы высотные отметки трубопроводов нужно принимать от нижней образующей линии трубы.

Например, обозначение + 1,75 указывает, что низ трубопровода должен находиться на высоте 1,75 м от условной нулевой отметки. При холодной гибке трубы металл на выпуклой поверхности растягивается, а на внутренней сжимается. В результате этого толщина стенки выпуклой стороны уменьшается, а вогнутой – увеличивается. Тру-

ба приобретает в местегиба овальную форму, и проходное сечение трубы уменьшается. Кроме образования овальности при гибке труб, особенно тонкостенных, на вогнутой стороне часто возникают складки (гофры). Овальность и складки увеличивают гидравлическое сопротивление прохождению продукта, являются местом засорения и повышенной коррозии трубопровода. Овальность трубы в месте изгиба не должна превышать для труб диаметром до 20 мм – 15%, диаметром 20 – 50 мм – 12%, диаметром 50 – 100 мм – 10%. Трубы большего диаметра изгибают горячим способом, нагревая трубу в месте сгиба. Для этого трубу предварительно наполняют сухим мелким песком. Чем плотнее песок будет утрамбован, тем меньше вероятность образования гофр при изгибе трубы. Трубу рекомендуется нагревать только в месте изгиба на длине, приблизительно равной $\alpha/15d$ (где α – внешний угол изгиба, а d – диаметр трубы). Для нагрева трубы применяют паяльную лампу. Стальные трубы нагревают до ярко-красного цвета, алюминиевые и дюралюминиевые до тех пор, пока приложенная к трубе бумага не начнет обугливаться. Трубы с очень тонкими стенками гнуть на станке в холодном состоянии обычным способом нельзя. Их необходимо набивать песком и гнуть с подогревом. После монтажа трубы рекомендуется промыть водой до появления чистой воды из сливного патрубка.

Для трубопроводов общим требованием является чистота проходного отверстия, полная непроницаемость, долговечность и простота обслуживания. Неразъемные соединения выполняют при помощи сварки. Они позволяют уменьшить вес трубопровода благодаря исключению фланцев и экономить рабочее время при изготовлении и монтаже. Разъемные соединения выполняют при помощи фланцев, штуцеров, фитингов, муфт (рис. 3.2.24).

Наиболее распространены в кормоцехах фланцевые соединения. Они удобны для разборки и присоединения арматуры. Поэтому их применяют тогда, когда требуется частая разборка трубопровода для промывки и прочистки. Сборка на фитингах – фасонных соединительных деталях, конструкции которых стандартизованы, – позволяет соединять трубы под разными углами, выполнять ответвления, переходить с одного диаметра на другой. Прочность и надежность соединения на фитингах обеспечивается его соответствующей затяжкой, при которой нитки резьбы собираемых деталей плотно

прижимаются друг к другу. Герметичность соединения достигается за счет смазывания резьбовой части соединяемых деталей перед сборкой свинцовым суриком или белилами. Более надежно герметизацию обеспечивает использование льняной или пеньковой подмотки с суриковой подмазкой. Магистральные трубы соединяют с помощью прямых соединительных муфт; на наружной поверхности муфты имеются ребра для захватывания ее трубным ключом. Трубы могут иметь короткую и длинную резьбу. При сборке с короткой резьбой (рис. 3.2.29) на конце трубы (2) нарезается резьба такой длины, чтобы она была на два-три витка меньше половины длины соединительной муфты (1).

Сбег в конце резьбы при сборке заклинивает муфту, что обеспечивает плотность соединения. Соединение труб с короткой резьбой применяют только для неразъемных трубопроводов, так как после сборки такие соединения разъединить невозможно. Если по условиям работы трубопроводную систему необходимо разбирать в процессе эксплуатации, применяют соединения, называемые соединениями на сгоне (рис. 3.2.29). В этом случае одна из соединяемых труб имеет короткую резьбу, а другая – длинную. Участок трубы с длинной резьбой называют сгоном. Длину его выбирают таким образом, чтобы на нем уместились муфта и гайка и остался участок резьбы не менее чем с двумя нитками. Последовательность сборки труб на сгоне следующая. Контргайку (3) и муфту (1) навинчивают на длинную резьбу без уплотнения и без подмазки суриком или белилами. Короткую резьбу уплотняют и промазывают суриком или белилами.

Муфту (1) свинчивают с длинной резьбы и наворачивают на жгутик льняной пряжи, пропитанной суриком, устанавливают на длинной резьбе между муфтой (1) и контргайкой (3). Затягивают контргайку (3). При сборке на фланцах их прикрепляют к трубам сваркой, развальцовкой или на резьбе (рис. 3.2.29). Соединение развальцовкой осуществляют следующим образом. После того как фланец будет надет на конец трубы, специальным инструментом – вальцовкой – нажимают изнутри на стенку трубы, вдавливая ее в канавки фланца. Между фланцами устанавливают прокладки, соединяют фланцы болтами или шпильками (рис. 3.2.29). Основной сложностью при сборке труб на фланцах является обеспечение соосности соединяемых трубопроводов и параллельности торцевых

поверхностей фланцев соединения. Фланцевые соединения трубопроводов, работающих под давлением до 1,6 МПа, собирают на черных болтах и гайках, под условным давлением до 4 МПа – на полнотелых болтах и гайках.

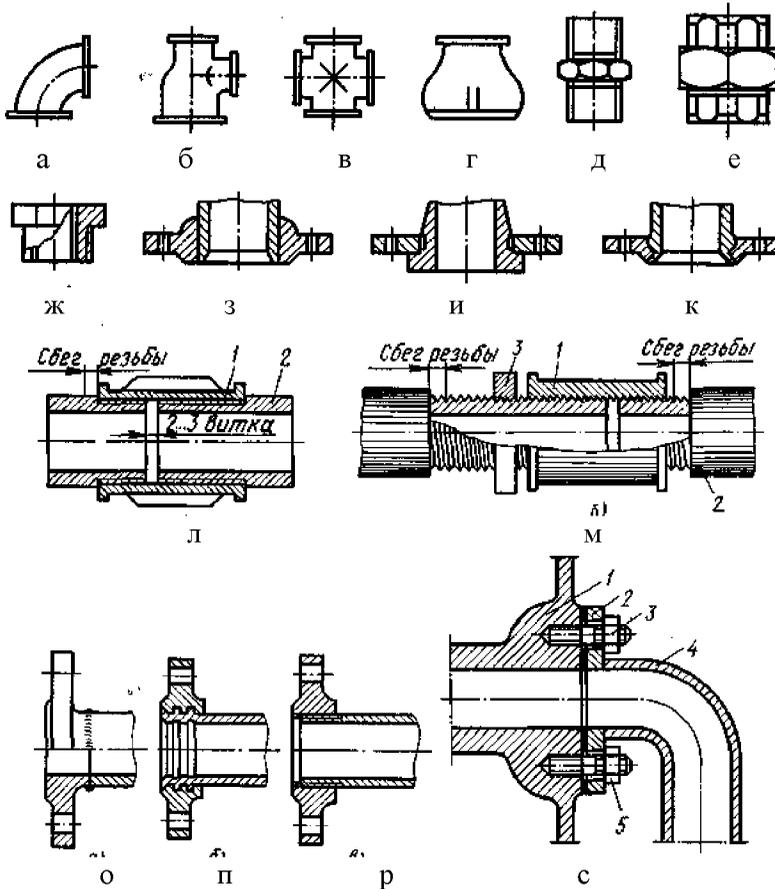


Рисунок 3.2.29 Фитинги и фланцы трубных соединений:

а – угольник, *б* – тройник, *в* – крестовый переходник, *г* – соединения с фланцем напрессовкой, отбортовкой и развальцовкой; *л* – с короткой резьбой (1 – муфта; 2 – труба); *м* – на сгоне (1 – муфта; 2 – труба; 3 – контргайка); *о* – сваркой; *п* – развальцовкой; *р* – на резьбе; *с* – на фланцах (1 – корпус; 2 – фланец; 3 – шпилька, 4 – труба; 5 – гайка)

Для уплотнения фланцевых соединений применяют прокладки (табл. 3.2.8). Внутренний диаметр прокладок должен быть на 2 – 3 мм больше внутреннего диаметра трубы. Отклонения габаритных размеров секций трубопроводов не должны превышать ± 5 мм при длине трубопровода до 3 м с последующим добавлением на каждый метр длины ± 2 мм. Общее отклонение не должно превышать ± 15 мм.

Таблица 3.2.8 Прокладки для уплотнения фланцевых соединений

Материал прокладок	Условия		
	Среда	температура среды, °С	рабочее давление, МПа
Технический промасленный картон	Вода, пар	40	1,0
Чистая резина	Вода	50	0,6
Паронит	Вода, пар, бензин, керосин, масло	100	4,0
Асбестовый картон	Горючие газы	500	1,0

Прокладки для фланцевых соединений изготовляют из материала, соответствующего указаниям проекта (резина, паронит и картон) на специальных приспособлениях. Для вырезки прокладок с наружным диаметром до 250 мм используют приспособление к сверлильному станку (рис. 3.2.30а).

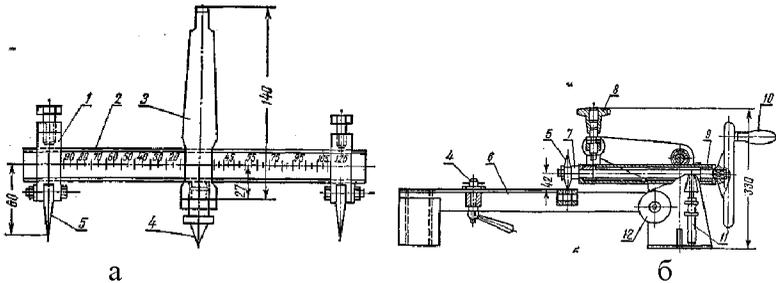


Рисунок 3.2.30 Приспособление для вырезки прокладок:

а – диаметром до 250 мм на сверлильном станке; *б* – диаметром от 80 до 1200 мм; 1 – ползунок; 2 – линейка; 3 – оправка; 4 – центр; 5 – дисковый нож; 6 – рама; 7 – шпиндель; 8 – рукоятка; 9 – корпус шпинделя; 10 – маховичок; 11 – прорезка; 12 – рулетка

Приспособление представляет собой конусную оправку 3 с центром 4 и линейку 2 с делениями. На линейке установлены ползунки 1 с дисковыми ножами 5. Перед вырезкой прокладки ползунки устанавливают на расстоянии, равном внутреннему и наружному диаметрам прокладки. Патрон с приспособлением подводят к материалу и ножи при вращении патрона вырезают прокладку.

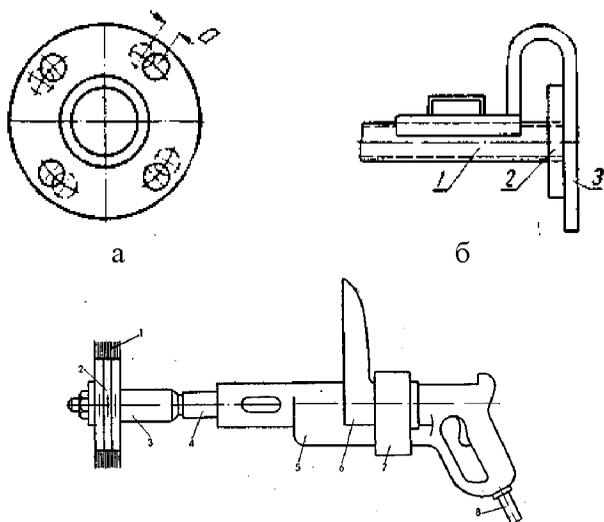
Мягкие прокладки вырезают наружным диаметром 80—1200 мм на приспособлении (рис. 3.2.30б), состоящем из рамы (6), шпинделя (7), ножа (5), передвижного центра (4), просечки (11) и рулетки (12). Перед вырезкой в прокладочном материале пробивают просечкой отверстие и закрепляют его на передвижном центре. Шпиндель вращают вручную, а нож прижимают к прокладке приспособлением с рукояткой (8) [94].

Приваривать фланцы к трубе надо так, чтобы отверстия для болтов были расположены симметрично вертикальной и горизонтальной осям, но не совпадали с ними. Смещение a (рис. 3.2.31а) осей болтовых отверстий относительно оси симметрии не должно превышать ± 1 мм при диаметре отверстий 18—25 мм, $\pm 1,5$ мм при диаметре 25—35 мм и ± 2 мм при диаметре более 40 мм.

Смещение осей отверстий фланцев проверяют уровнем или отвесом. Перпендикулярность фланца к оси трубы проверяют контрольным угольником и шупом (рис. 3.2.31б). Отклонение от перпендикулярности не должно превышать 0,2 мм на каждые 100 мм диаметра трубы при давлении до 1,6 МПа, 0,1 мм — при давлении от 1,6 до 64 МПа.

Перед покраской трубы следует очистить от ржавчины. В кассетах приспособления (рис. 3.2.31в) закрепляют стальную проволоку, образующую круглую металлическую щетку. Приспособление с электрической дрелью соединяется оправкой (3). Для защиты от частиц ржавчины на электродрель резиновым бандажом крепится защитный кожух (6).

Трубопроводы после сборки проверяют на прочность и плотность. При испытании наполняют трубопровод водой и отмечают те места, в которых наблюдается утечка. Затем воду выпускают и уплотняют отмеченные места. При гидравлических испытаниях трубопровода проверяют прочность всех элементов и герметичность соединений под давлением, предусмотренным техническими условиями.



В

Рисунок 3.2.31 Обеспечение качества труб:

а — допустимое смещение осей болтовых отверстий во фланцах; *б* — определение перпендикулярности фланцев контрольным угольником (1 — труба; 2 — фланец; 3 — контрольный угольник); *в* — приспособление для зачистки труб от ржавчины: 1 — щетка металлическая; 2 — кассеты сборные; 3 — оправка; 4 — шпиндель электродрели; 5 — дрель электрическая; 6 — кожух защитный; 7 — кольцо резиновое; 8 — кабель электрический

Компенсаторы служат для защиты трубопровода от разрушительных сил, возникающих при изменении температур. Компенсаторы обладают большой компенсационной способностью, достигающей 600—700 мм, и их устанавливают в трубопроводах для широкого диапазона давления и температур. Для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры, работающих в различных условиях, используют прокладки из резины, паронита, фибры, картона, асбеста, пластмассы, свинца, меди, алюминия, углеродистой и нержавеющей стали.

Трубы перед резкой на элементы размечают при помощи переносного мерительного инструмента. Для разметки отверстий на тру-

бах под штуцера пользуются универсальным циркулем (рис. 3.2.32), которым можно размечать отверстия под любым углом врезаемого штуцера. Для разметки осевых линий на наружной поверхности трубы, и также линий и точек, расположенных под любым углом к плоскости перпендикулярного сечения трубы, служит приспособление, состоящее из корпуса с опорной призмой (1) (рис. 3.2.32), делительного диска (2), уровня (3) и кернера (4). Приспособление устанавливают на трубу так, чтобы уровень находился в горизонтальном положении, а делительный диск на отметке «0». Перемещая приспособление по трубе, наносят кернером ряд точек, через которые проводят линию. Уровень при этом должен находиться в горизонтальном положении. Для разметки под углом диск нужно установить на заданный угол и перемещать приспособление по окружности изделия до тех пор, пока уровень не примет горизонтальное положение.

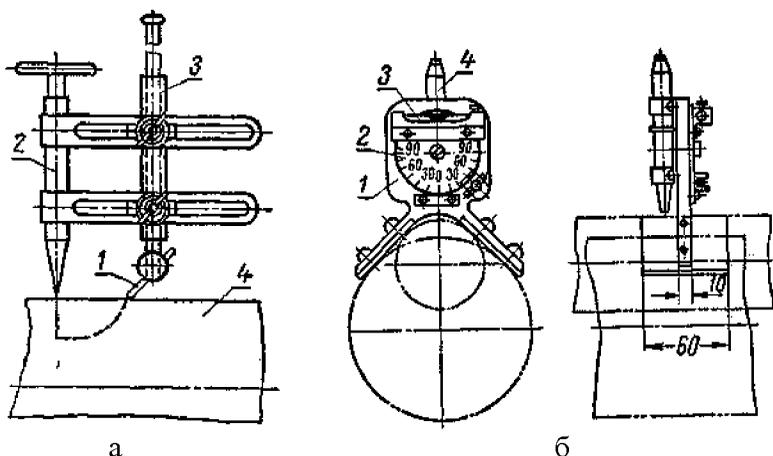


Рисунок 3.2.32 Приспособления для разметки труб:

а) отверстий (1 – чертилка, 2 – установочная ножка; 3 – подвижная ножка; 4 – труба); б) осей (1 – корпус с опорной призмой; 2 – делительный диск; 3 – уровень; 4 – кернер)

Винилпластовые и полиэтиленовые трубы легко режутся и обрабатываются на металлорежущих и деревообрабатывающих станках. Место реза таких труб охлаждают сжатым воздухом, чтобы избежать

оплавления и деформации труб. Режущий инструмент должен быть хорошо заточен, а в процессе резания нужно поддерживать небольшую подачу и достаточно большую скорость. Во избежание ударов и вибрации при обработке трубу жестко закрепляют в патроне стакана или в специальном приспособлении. Пластмассовые трубы режут также на специальных станках с дисковой пилой. Трубы с условным проходом до 150 мм разрезают диском диаметром 250—300 мм, толщиной 1,5 мм при шаге зубьев 3—4 мм. В производственных условиях такие трубы часто режут мелкозубыми плотницкими пилами, ленточными пилами или механическими и ручными ножовками.

Резку металлических труб при монтаже трубопроводов осуществляют механическим или газопламенным способом. Для механической резки в трубозаготовительных цехах применяют отрезные, трубоотрезные и токарно-винторезные станки. На трубоотрезных станках обеспечивается резка труб с условным диаметром от 10 до 400 мм. На таких станках два отрезных резца режут трубы, одновременно снимая фаски под сварку. На этих станках можно отрезать трубы большой длины без упора. Для резки и обтачивания концов труб диаметром 30—190 мм и 70—290 мм и нарезания на них резьбы используют соответственно трубонарезные станки. Бесшовные трубы диаметром от 10 до 76 мм в трубозаготовительном производстве режут трубоотрезным механизмом (рис. 3.2.33). Механизм состоит из станины (8), качающегося цилиндрического редуктора (3), электродвигателя (4), опорных роликов (1), режущего диска (2), пневмоцилиндра 5, защитного кожуха для трубы (7) и педали управления (6). Перед резкой трубу укладывают на опорные ролики и в лотки двухстороннего кожуха, а при резке длинных труб — на выносной роликовый штатив. В процессе резки труба вращается непосредственно от режущего диска (2). Торцы труб получаются гладкими и под небольшим углом скоса кромок, поэтому и не нужно дополнительно обрабатывать перед сваркой. Труб диаметром от 18 до 76 мм режут абразивным диском на станке (рис. 142). Станок состоит из стола 2, качающейся рамы 3, шпинделя 5, абразивного диска 1, трубного зажима 6 электродвигателя 7 и механизма передачи. Абразивный диск диаметром 200 или 300 мм закреплен на шпинделе качающейся рамы, закрыт кожухом и приводится в движение от электродвигателя через клиновидную передачу. К столу шарнирно прикреплена качающаяся

рама. Для удержания трубы от вращения к столу крепится трубный зажим. При резке рукояткой медленно прижимают вращающийся диск к трубе и режут ее [94].

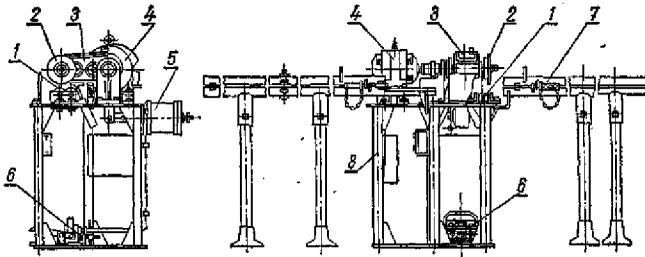


Рисунок 3.2.33 Труборезный механизм ВМС-35:

1 — опорные ролики; 2 — режущий диск; 3 — качающийся цилиндрический редуктор, 4 — электродвигатель; 5 — пневмоцилиндр; 6 — педаль управления; 7 — защитный кожух для трубы; 8 — станнина

При монтаже трубы механически режут с помощью переносных труборезов, состоящих из корпуса, планшайбы, суппорта с резцами, механизма передачи вращения на планшайбу, механизма крепления станка на трубе и механизма управления суппортом. Труборезы приводятся в движение от электрических или пневматических сверлилок или от электродвигателей и предназначены для резки труб под прямым углом, снятия фаски под сварку и вырезки дефектных стыков на трубопроводах. Переносные труборезы неразъемной конструкции типа ПТА (рис. 3.2.34) предназначены для резки труб в пределах определенных диаметров труб. Труборез ПТА-42-32 разрезает трубы диаметром от 42 до 32 мм, ПТА-60-51 — соответственно от 42 до 51, ПТА-83-76 — от 83 до 73 и ПТА-108—89 — от 108 до 89 мм. Труборез надевают на трубу с обрезаемого конца и резцы 6 поджимаются винтом (7) к трубе. От привода (5) вращение передается через коническую передачу на суппорт (3). Нарезку резьбы на трубах выполняют вручную, при помощи клуппа, или на специальных трубонарезных станках и ВМС-2. Диаметр нарезаемой резьбы на этих станках составляет от 14 до 76 мм. Для нарезания резьбы на трубах боль-

ших диаметров (до 273 мм) используют трубонарезные станки 9Н14 или 1983М. Для накатывания резьбы применяют плашки НПТ. Для накатывания резьбы плашками НПТ на трубах от 1/2" до 2" служат быстроходные станки ВМС-5 [94].

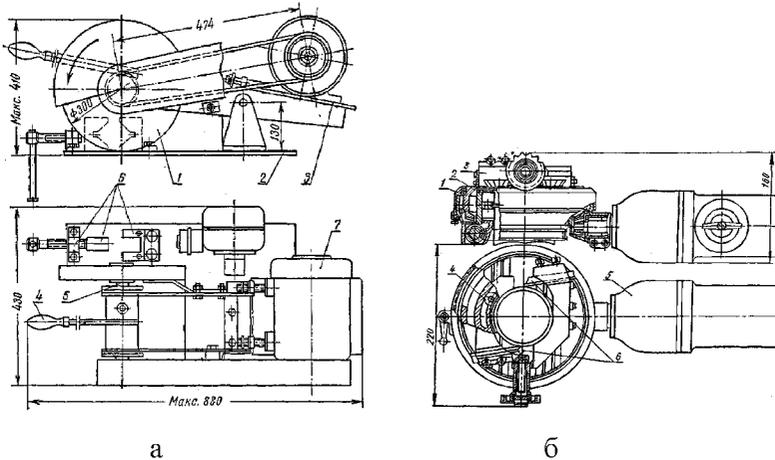


Рисунок 3.2.34 Труборезные механизмы:

а — станок ПДМ-75 (1 — абразивный диск; 2 — стол; 3 — качающаяся рама; 4 — рукоятка; 5 — шпиндель; 6 — трубный зажим; 7 — электродвигатель); *б* — переносной труборез типа ПТА (1 — корпус; 2 — планшайба; 3 — суппорт с резцами; 4 — механизм крепления на трубе; 5 — привод; 6 — резцы)

Гибка труб осуществляется в холодном и горячем состоянии. В холодном состоянии гнут трубы с условным проходом до 150 мм. Чтобы избежать сплющивания трубы, в определенном диапазоне диаметров применяют внутренние оправки, имеющие снаружи выемку в соответствии с размерами изгибаемой трубы. Наиболее рациональным и удобным способом гнутья труб с условным проходом до 70 мм является холодная гибка обкаткой роликом (рис. 3.2.35). Перед гибкой трубу (1) жестко прикрепляют хомутом (2) к неподвижному гибочному ролику (3). Обкатывающий ролик (4) перемещается по дуге вокруг гибочного сегмента и изгибает трубу. По такому принципу работают станки типа ВМС-23. Приводной трубогибочный четырехручьевого механизма ВМС-23 (рис. 3.2.35), состоящий из станины (5),

червячного редуктора (4), электродвигателя (3), гибочного сегмента (2) и обкатывающего ролика (1), предназначен для гибки труб с условным проходом от 15 до 32 мм. Изгибаемую трубу заводят в соответствующий ее диаметру ручей между гибочным сегментом и обкатывающим роликом и скрепляют хомутом. После включения электродвигателя обкатывающий ролик обегает вокруг гибочного сегмента и изгибает трубу.

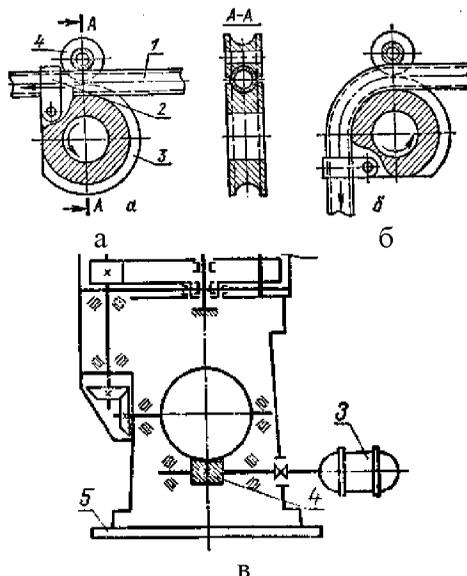


Рисунок 3.2.35 Схема гнутья труб обкаткой роликом:

а — положение в начале обкатки (1 — изгибаемая труба; 2 — хомут; 3 — гибочный ролик; 4 — обкатывающий ролик); *б* — положение в конце обкатки; *в* — схема трубогибочного механизма ВМС-23 (1 — обкатывающий ролик; 2 — гибочный сегмент; 3 — электродвигатель; 4 — червячный редуктор; 5 — станина)

Стеклянные трубы разрезают путем электрического нагрева места перереза с пост дующим быстрым охлаждением или же трубо-резом. По первому способу трубу обертывают нихромовой проволокой диаметром 0,8-1,2 мм и пропускают в течение 2 мин через нее ток величиной 6-10 а напряжением 12-30 в. После быстрого охлаждения

холодной водой места нагрева здесь образуется кольцевая трещина. Труборез (рис. 3.2.36) предназначен для резки труб при монтаже и состоит из стеклореза (4), винта (1) с гайкой (2), скобы (3) с внутренней канавкой, в которую уложены шаровые опоры (6). Трубу укладывают на опорные шарики и подводят к ее поверхности в месте реза стеклорез. Трубу вращают и наносят на ней кольцевую риску; затем трубу переламывают. В производственных условиях для резки стеклянных труб часто применяют карборундовые круги или стальные диски диаметром 200—300 мм, толщиной 1,5—2 мм; скорость резания 1000—1500 об/мин. Отверстия в стеклянных трубах сверлят сверлами из быстрорежущей стали или твердосплавными пластинками, при этом приметит соответственно абразивный порошок или керосин. Обрезанные края торцевой поверхности стеклянных труб обрабатывают карборундовым кругом.

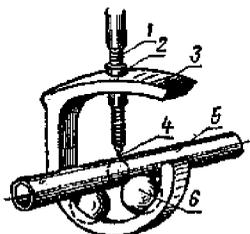


Рисунок 3.2.36 Труборез для стеклянных труб:

1 — винт; 2 — гайка; 3 — скоба; 4 — алмазный стеклорез; 5 — труба; 6 — поддерживающий шарик

В пластмассовых трубах диаметром до 50 мм отверстия сверлят на сверлильных станках, используя обычные и перовые сверла. Отверстия больших диаметров сверлят специальными трубными сверлами или двухрезцовыми головками. Для гибки такие трубы предварительно нагревают до размягчения (120—130 °С). При гибке трубу заполняют наполнителем: резиновым жгутом, гибким металлическим или резиновым шлангом, песком.

Отбортовку труб диаметром до 50 мм осуществляют на специальном приспособлении (рис. 3.2.37), которое состоит из зажима (1), вставной оправки (2), наружной направляющей гильзы (4), рукоятки (5) с винтом. Трубу устанавливают в зажим и конец ее нагревают газовой горелкой (3). Температура нагрева для полиэтилена низкой

плотности должна быть до 130—150 °С, высокой плотности — до 160—180 °С, для винипласта — до 130—150 °С. К нагретому концу трубы прижимают винтом направляющую гильзу, благодаря чему происходит отбортовка [94].

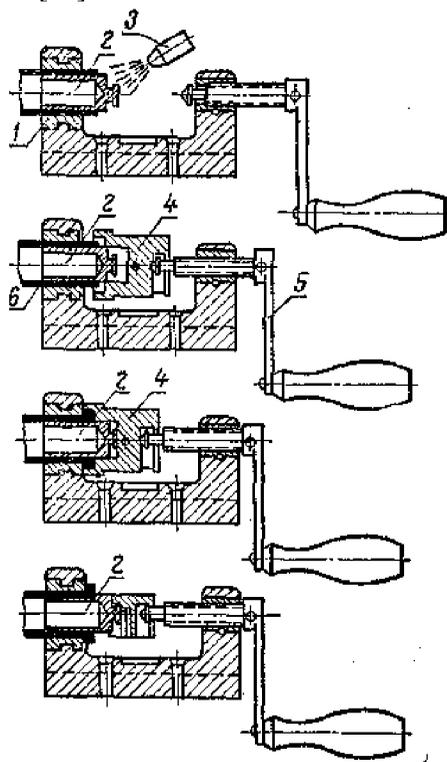


Рисунок 3.2.37 Приспособление для отбортовки труб:

1 — зажим; 2 — вставная оправка; 3 — нагревательная горелка; 4 — наружная направляющая гильза; 5 — рукоятка; 6 — труба

Сварка труб осуществляется при помощи ручной газовой или электрической сварки, полуавтоматической и автоматической электродуговой сварки под слоем флюса или в среде защитных газов, а также электромонтажной стыковой сварки. Пластмассовые трубы сваривают двумя способами: прутковым — детали сваривают присадочным прутком и беспрутковым — детали нагревают выше темпера-

туры текучести и сваривают путем сжатия нагретых поверхностей (контактная сварка). При сварке труб с присадочным пруток, кромки труб и пруток нагревают сварочными горелками. В электрических сварочных горелках воздух или газы нагреваются при прохождении их через электрические нагревательные элементы, а в газовых — за счет пламени водорода, которое нагревает воздух или газы, проходящие по змеевику. В газовых горелках косвенного нагрева горючая смесь при выходе из смесительного устройства сгорает, нагревая змеевик, по которому движется теплоноситель.

При контактной сварке пользуются нагревательным инструментом (рис. 3.2.38), состоящим из диска (1), ручки (2) и биметаллического термометра (3). Инструмент нагревают электрическим элементом или газовой горелкой. Свариваемые детали располагают на некотором расстоянии друг от друга и между ними помещают нагревательный элемент так, чтобы его боковые поверхности соприкасались с торцовыми поверхностями свариваемых труб [94].

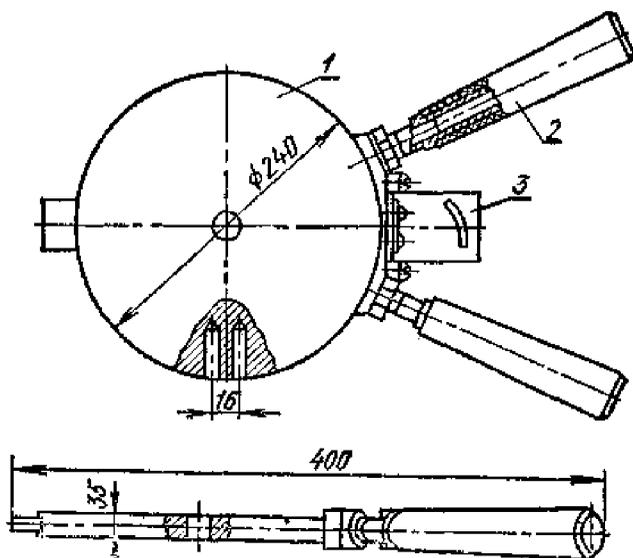
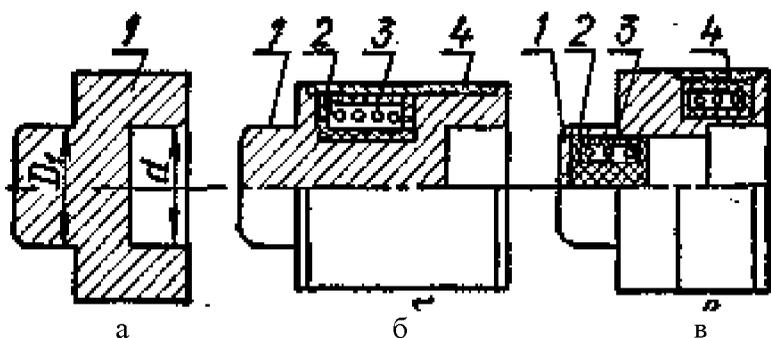


Рисунок 3.2.38 Нагреватель для контактной сварки труб:
1 — диск; 2 — ручка; 3 — биметаллический термометр.

Винилпластиковые трубы при монтаже можно соединять сваркой или склеиванием. При сварке трубы нагреваются до температуры 220—270 °С; нагрев местный и кратковременный. Прочность такого шва сравнительно невысокая и коэффициент прочности его составляет 0,5 — 0,7. Более экономичным, прочным и надежным способом стыковых соединений винилпластиковых труб является склеивание. Для склеивания труб используют клей на основе полихлорвиниловых смол, растворителем которых являются дихлорэтан, метилхлорид, ацетон, хлорбензол и т. д. Толщина слоя клеевого раствора зависит от состава и консистенции его и обычно колеблется в пределах 0,05—0,15 мм. Полиэтиленовые трубы соединяются контактной сваркой встык или внахлест без применения присадочного материала. При сварке встык торцы соединяемых отрезков труб обрабатывают, снимая окисленный слой и неровности. Для сварки пользуются приспособлением (рис. 3.2.39), состоящим из салазок (2), зажимных хомутов для труб (1), находящихся на направляющих (4), электронагревательного диска (7) с терморегулятором и динамометра (6) для контроля давления сжатия труб. При сварке торцы труб оплавливают нагревательным инструментом и затем соединяют их под небольшим давлением. Контактная сварка внахлест основана на одновременном оплавлении с помощью нагревательного инструмента наружной поверхности конца трубы и внутренней поверхности раструба с последующим быстрым соединением их. Нагревательный инструмент (рис. 3.2.39) состоит из корпуса (1), теплоизолятора (2), электроспирали (3) и кожуха (4). Инструмент может быть выполнен в виде металлического корпуса, который нагревается открытым пламенем паяльной лампы или газовой горелки.



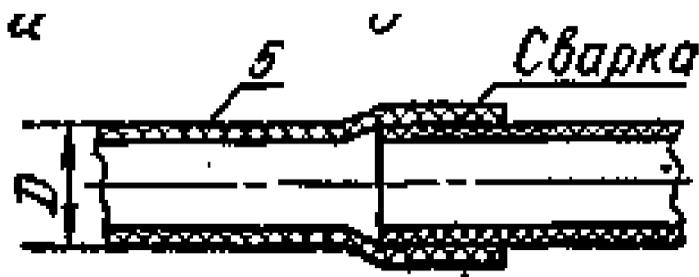


Рисунок 3.2.39 Инструмент для контактной сварки
полиэтиленовых труб в раструб:

а — с нагревом открытым пламенем D_y до 150 мм; б — электронагревательный для труб до 50 мм; в — электронагревательный для труб D_y — 70 мм и выше (1 — корпус; 2 — теплоизоляция; 3 — электроспираль; 4 — кожанух; 5 — раструбное соединение); г — соединение труб

Подготовка к окрашиванию состоит в промывке, очистке от масла, грязи и коррозии окрашиваемой поверхности. Коррозию и старую краску снимают металлическими щетками, скребками и шлифовальной шкуркой. До грунтования окрашиваемую поверхность обезжиривают ветошью, смоченной в ацетоне, уайт-спирите, скипидаре или бензине. Грунтование предназначено для защиты окрашиваемой поверхности от коррозии и повышения сцепляемости поверхности с краской. Для грунтования металлических поверхностей применяют грунтовки. В зависимости от назначения машины, агрегата, узла и металлоконструкции используют различные по цвету краски (табл. 3.2.10).

Изменение первоначального цвета машин может быть допущено только в виде исключения, если они поступили для монтажа окрашенными в разные цвета и их необходимо окрасить в один цвет, не противоречащий принятой системе окраски. Грунтование и окраску выполняют при помощи кисти и краскораспылителей. При окраске машин и изделий масляной и эмалевой краской кистью нельзя сразу накладывать толстый слой краски: он неравномерно сохнет и трескается. Краску следует наносить тонким слоем, а когда он высохнет, красят вторично.

Если этого не сделать, окраска получается непрочной. Окраска распылителями имеет большие преимущества перед окраской ки-

стью. Она повышает производительность труда, улучшает качество окрашиваемой поверхности, но расход краски увеличивается на 30—50%. При этом способе окраски пользуются краскораспылителями, работающими при помощи сжатого воздуха. Краскораспылители имеют сменные головки и сопла с отверстиями различного диаметра и формы. Так как механическая окраска связана с распыливанием, это приводит к значительным потерям лакокрасочных материалов и насыщению воздуха лаковой пылью, вредной для человеческого организма.

Поэтому при окраске оборудования краскораспылителями надо надевать респираторы. Необходимую рабочую вязкость краски получают смешиванием краски с растворителем. Для лаков, масляных и эмалевых красок растворителями являются уайт-спирит, скипидар, сольвент-нафта, ацетон; для нитролаков и нитроэмалей — растворители. Окраску следует выполнять при температуре не ниже + 10° С [91].

Таблица 3.2.10 Рекомендуемый цвет окраски

Оборудование	Цвет окраски
Кормоприготовительные машины	Голубой
Дробилки и измельчители	Светлый
Машины для хранения молочных отходов	Бежевый
Паропроводы	Красный
Трубопроводы для горячей воды и конденсата	Зеленый
Трубопроводы для технической воды	Черный
Трубопроводы для питьевой воды	Синий
Водостоки	Черный
Трубопроводы для разводки проводов силовой электросети	Черный

Обкатка является последним этапом монтажных работ. Ее выполняют после холостого опробования машин и окраски оборудования. Обкатка преследует две основные цели. Первая заключается в том, чтобы дать возможность машинам перейти на нормальный режим эксплуатации с постепенным наращиванием нагрузки, во время которой прирабатываются рабочие органы машины, узлы и детали. Второй важной целью обкатки является подготовка обслуживающего персонала кормоцеха. При обработке обслуживающий персонал мо-

жет изучить конструкцию и особенности эксплуатации машин и оборудования, освоить технологию механизированного приготовления кормов. Поэтому обкатку должны, как правило, проводить работники кормоцеха, но с обязательным присутствием монтажников. Монтажники участвуют в подготовке машин к пуску, устранении выявленных недостатков и осуществляют наблюдение за работой всех машин до сдачи кормоцеха в эксплуатацию по акту.

Обкатку начинают с проверки и опробования правильности включения и выключения машин технологических линий. Основное правило обкатки: первой включают самую последнюю машину в технологической линии, второй предпоследнюю и т. д. Первую машину в технологической линии включают последней. Выключают машины в обратной последовательности.

Если этот порядок нарушить, то в процессе эксплуатации машины могут забиваться кормами, останавливаться и даже ломаться. Благодаря приработке рабочих органов, узлов и деталей уменьшается интенсивность изнашивания и повышается срок службы машины. При опробовании тщательно проверяют крепления болтов, зубчатые, цепные, ременные передачи, муфтовые соединения, сальниковые устройства, работу подшипниковых узлов, насосов.

В период обкатки выявляют также неисправности, которые могут возникнуть при монтаже машин. К ним относятся просачивание воды, масла, топлива, подсос воздуха, перекос деталей, увеличенные зазоры в рабочих органах. При обкатке регулируют дробилки, измельчители, проверяют качество дробления продуктов, устанавливают необходимую производительность питателей, проверяют легкость перемещения шиберных задвижек, включения и реверса измельчителей.

Во время обкатки ослушивают машины и проверяют степень нагрева подшипников. Признаком правильной обкатки служит надежная работа всех механизмов при допустимых шумах, температуре нагрева узлов трения и вращения, нормальной мощности и производительности, соответствующих паспорту машины.

Эффективна обкатка, состоящая из трех этапов. Первый этап — нагрузка до 25% от номинальной — 3 дня. Второй этап — нагрузка 50% от номинальной — 5 дней. Третий этап — нагрузка 75% от номинальной — 10 дней. В период обкатки необходимо более интенсивно смазывать узлы машин.

По окончании обкатки осматривают машины и устраняют возникшие неисправности. Особенно тщательно проверяют регулировку систем управления, механизмов включения, остановок, реверсов, блокировки машин технологических линий. Повторно машины обкатывают в том случае, если устранение неисправностей требует разборки или замены узлов. После обкатки машин составляют соответствующий акт. После монтажа измельчителей проверяют регулировку ножей, работу механизмов включения, выключения, реверса и обкатывают машины без нагрузки в течение 1—2 ч.

Перед обкаткой питателей кормов удаляют из шнеков и скребкового транспортера посторонние предметы, строительный мусор, грязь и т.д. Обкатку питателей начинают с кратковременных пробных исключений, во время которых транспортерная лента и шнеки должны работать плавно, без рывков и зацепов. Если машина работает нормально, ее обкатывают без нагрузки в течение 2 часов [94].

Фактическая продолжительность пусконаладки кормоцехов свиноферм колеблется в пределах от 10 до 30 дней [95]. Расчетная продолжительность пусконаладки, полученная на основании нормативных материалов методом сетевого планирования, составляет 22 дня (рис. 3.2.40). Критический путь проходит через события 1—2—4—5—7—8—9—11—13—14—15—18—20 (табл. 3.2.11).

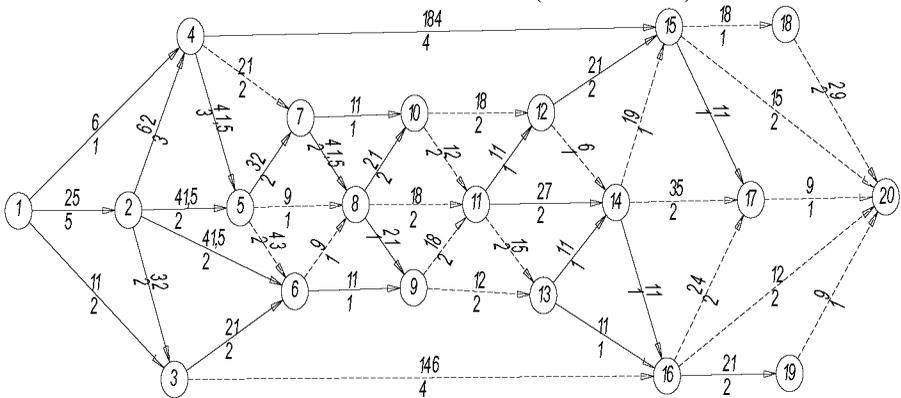


Рисунок 3.2.40 Сетевой график пусконаладки кормоцеха ККС-3000: в кружке – номер события; над чертой – трудоемкость работ в чел.-ч; под чертой – число исполнителей

Таблица 3.2.11 Данные для построений и расчета сетевого графика

Шифр	Наименование работ	Шифр	Наименование работ
	Наладка электропривода:		Механоналадка
1-2	Испытание защитного заземления и изоляции проводов	3-16	котла парового Д-721А
1-3	Внешний осмотр оборудования	4-7	измельчителя ИКМ-5
1-4	Подготовительные работы	5-6	смесителя С-12
2-3	вентиляторов ПС-1, ПС-2, ПС-3	6-8	транспортера ПЗС-40, ОМ
2-4	Измельчителя ИКМ-5	8-11	транспортера ТК-5Б
2-6	котла варочного ВК-1	9-11	транспортера ТПК-5/10
2-5	питателя концкормов ПК-6	9-13	транспортера ТС-40, ОМ
3-6	транспортера ПЗС-40, ОМ	10-11	транспортера ТС-40, ОС
4-5	смесителя С-12	10-12	Кормоприемника КП-10
4-15	Наладка электрооборудования котла парового Д-721А	11-13	питателя концкормов ПК-6
5-7	вентиляторов вытяжных ВС-1, ВС-2, ВС-3	14-15	агрегата АЗМ-0,8
6-9	транспортера для выгрузки кормовых смесей ТС-40, ОМ	14-17	кормодробилки КДУ-2
7-8	транспортера корнеклубнеплодов ТК-5Б	15-20	измельчителя “Волгарь-5”
7-10	транспортера ТС-40, ОС	16-17	резервуара В20МВ-2,5
8-9	транспортера для подачи корнеклубнеплодов ТПК-5/10	16-20	насоса 36МЦ-10-20
8-10	кормоприемника-питателя КП-10	17-20	насоса фекального 5Ф12
11-12	системы аспирационной АС-1	19-20	транспортера шнекового ПШВС-40, ОМ
11-14	кормодробилки универсальной КДУ-2,0	5-8	вытяжных систем ВС-1, ВС-2, ВС-3
12-15	измельчителя “Волгарь – 5”	12-14	аспираторной системы АС-1
13-14	агрегата жидких питательных смесей АЗМ-0,8	15-18	приточных систем ПС-1, ПС-2, ПС-3
13-16	резервуара для сбора и хранения молока без охлаждения В2 ОМВ-2,5	18-20	вытяжной шахты
14-16	насоса центробежного 36МЦ-10-20		
15-17	насоса фекального для перекачки жидких кормов 5Ф12		
16-19	транспортера шнекового выгрузного ПШВС-40, ОМ		

3.2.3 Особенности монтажа доильного оборудования

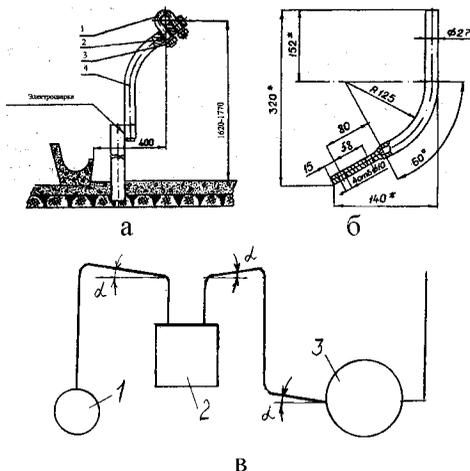
Схему прокладки труб молокопровода доильных установок выполняют в зависимости от расположения молочного блока относительно коровника, числа рядов стойл и их расположения в коровнике. Составные части доильного агрегата рекомендуется монтировать в следующей последовательности: вакуумный трубопровод – вакуумные насосы – оборудование молочной – электрооборудование – молокопровод. Перед монтажом трубы вакуумного трубопровода при необходимости отрихтовывают и очищают особенно внутри.

Монтаж вакуумного трубопровода начинают с установки крайних кронштейнов. Кронштейны устанавливают на высоте крепления вакуумного трубопровода. Для обеспечения удобств работы дояров вакуумный трубопровод монтируют на расстоянии 400 мм от кормушки (рис. 3.2.41а), или на стойловом оборудовании ОСК-25А, ОСП-26 при его наличии. Расстояние между опорами (шаг опоры) – не более 3000 мм. На концах опор устанавливают кронштейны для крепления вакуумного трубопровода, изготовленные по чертежу (рис. 3.2.41б.).

Длина кронштейнов и способ крепления к опорам определяется в зависимости от высоты и конструкции опор. При наличии в коровнике прочных металлических стойл и перил их можно использовать для крепления вакуумного трубопровода. В этом случае кронштейны изготовляют по месту. Если коровник изготовлен из сборных железобетонных конструкций, допускается крепление опор вакуумного трубопровода к потолочным перекрытиям с соблюдением шага 3000 мм. Раскачивание опор не допускается, и при необходимости их дополнительно закрепляют растяжками.

Если вакуумный трубопровод монтируется непосредственно на колоннах здания, используют кронштейны соответствующих размеров. При монтаже вакуумный трубопровод крепят к установленным опорам на расстоянии 400 мм от передней стенки кормушки в сторону стойла (можно также крепить к потолочным перекрытиям или колоннам здания). Опоры устанавливают по шнуру: сначала крайние в каждом ряду стойл, натягивая между ними шнур, затем промежуточные. Расстояние между опорами – 400 мм (через два стойла). Для определения высоты расположения вакуумного трубопровода (рис.

3.2.41в) используют гидростатический уровень. В вакуумном трубопроводе устанавливают тройники для чистки труб.



Рисунок— 3.2.41 Монтаж вакуумного трубопровода:

а) опора (1 – скоба; 2 – шайба; 3 – гайка; 4 – кронштейн); б) кронштейн; в) уклоны трубопроводов (1 – насос вакуумный; 2 – баллон вакуумный; 3 – молокоприемник)

В вакуумном отделении на фундаментах монтируют вакуумные установки. Бетонный фундаментный блок вакуумного насоса рекомендуется устанавливать на резиновую подушку (вибрации не передаются на пол, меньше шума). Упругая прослойка, размещенная под фундаментом установки, препятствует распространению колебаний в грунте. Чтобы создать виброизоляцию, собственная частота системы должна быть в несколько раз ниже частоты возбуждения. Виброизоляция требует упругих мягких подвесок, позволяющих при данной массе установки получить низкое значение собственной частоты колебаний, гораздо более низкое, чем частота возбуждения. Очевидно, если фундаментную плиту сделать тяжелее или подпереть пружинами не плиту, а бетонный блок, на котором она закреплена, то можно взять для получения низкой частоты колебаний более жесткие пружины. Иногда приходится прибегать и к такой мере, как утяжеление фундамента.

Для монтажа оборудования с доением на площадках необходимы следующие помещения: доильный зал, молочная, вакуум-насосная, помещение для холодильной машины, котельная, моечная, молочная лаборатория, склад для хранения моющих и дезинфицирующих средств и подсобные помещения. Монтаж доильной установки начинают с устройства доильных станков и ограждений. Станки располагают один за другим с двух сторон траншеи и связывают между собой попарно.

Вертикальные стойки доильных станков закрепляют винтами в опорах стоек, которые бетонируют в полу доильного зала. Молочную систему прокладывают из двух не зависимых линий стеклянными или металлическими трубами, соединяемых между собой муфтами. Линии молокопровода присоединяют к молокооборнику при помощи угольников и рукавов. Промывочную систему устраивают из двух независимых друг от друга линий и располагают в нише траншеи доильного зала.

Заключительные работы включают обкатку, испытание, окраску и сдачу установленного оборудования, обучение рабочих хозяйства правилам эксплуатации и безопасным приемам работы на оборудовании. При этом происходит приработка трущихся поверхностей деталей, определяется качество сборки, проверяется работоспособность и соответствие выходных параметров оборудования их значениям согласно техническим условиям. Сдачу смонтированного оборудования оформляют соответствующими актами установленного образца.

После завершения монтажных работ технологическое оборудование только лишь опробуют на холостом ходу с целью установления дефектов монтажа и их ликвидации. Основные же работы, связанные с вводом оборудования в режимы эксплуатации, выполняют на стадии пуска наладки и выделяют в самостоятельный вид работ.

Ориентировочно удельный вес пуска наладочных работ для сложного технологического оборудования в животноводстве относительно монтажных составляет 5–15%, по затратам труда – 13–20% и по расходам на заработную плату 15–20%. Пуска наладочные работы включают организационно-техническую подготовку: комплексное опробование и наладку оборудования, доведение загрузки его до проектной мощности.

Таблица 3.2.12 Монтажный инструмент, оборудование и материалы

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
Шлямбуры разные (диаметром 25,45. 60)		Любого типа
Молотки слесарные массой 1 "2 кг	2	Любого типа
Сверло по металлу	по 1	Любого типа
Уровень строительный	1	Любого типа
Брусok	1	Любого типа
Напильник плоский	1	Любого типа
Напильник круглый	1	Любого типа
Клупп с плашками	1	Любого типа
Электроды Э42	5кг	Любого типа
Проволока	100м	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 мм	100м	
Материалы для резьбовых соединений металлических труб (льняное волокно, лента, олифа)		

Организационно-техническая подготовка составляет примерно 10–15% общей трудоемкости пусконаладочных работ. Сюда входят приемка смонтированного оборудования для наладки с участием за-

казчика, составление плана-графика пусконаладочных работ и согласование с хозяйством срока ввода объектов в эксплуатацию, подготовка рабочих мест, доведение заданий до наладчиков и обеспечение фронта работ.

Комплексное опробование доильного оборудования (по трудоемкости оно составляет 20–25%) включает расстановку обслуживающего персонала на рабочих местах и инструктаж, проверку технического состояния оборудования, регулировку с помощью контрольно-измерительных приборов (табл. 3.2.3), настройку оборудования, приборов и средств автоматизации на заданный режим. При комплексном опробовании проводят испытание основных агрегатов и установок, а также всего оборудования в комплексе, включая технологические системы и линии для определения готовности объекта и эксплуатации. Доведение оборудования до проектной мощности предусматривает полную загрузку и проверку правильности взаимодействия всех механизмов в номинальном рабочем режиме. При отклонении от нормальной работы отдельных сборочных единиц, оборудования или снижении их производительности выполняют необходимые доводочные и наладочные работы, обеспечивающие вывод комплекса машин на проектные показатели и достижение четкой и безотказной работы на всех режимах. Трудоемкость этих работ составляет примерно 4–50% от общей трудоемкости.

3.2.4 Особенности монтажа холодильного оборудования

Монтаж холодильного оборудования выполняют по типовому или индивидуальному проектам после окончания строительных работ. При разработке монтажной схемы и плана размещения холодильного оборудования предусматривают минимальную перепланировку строения и оптимальное размещение агрегатов, минимально возможную длину трубопроводов [96, 97]. Монтаж холодильной системы и пусконаладочные работы рекомендуется производить в определенной последовательности: установка агрегатов; монтаж трубопроводов и приборов автоматики; монтаж электрической схемы; испытание системы на герметичность; вакуумирование системы; заправка системы; пуск системы; регулировка приборов автоматики; контроль и регистрация рабочих параметров. Для выполнения работ

по монтажу холодильного оборудования необходимы [38] инструменты для монтажа труб, приспособления для пайки медных труб, устройства для вакуумирования и заправки холодильной системы, приборы для определения места негерметичности холодильной системы.

При пусконаладке холодильной системы необходимо контролировать ее рабочие параметры. Перечень контролируемых параметров и периодичность их проверки приведены в таблице 3.2.13.

Таблица 3.2.13 Контролируемые параметры холодильной установки

Наименование параметра	Значение	Место контроля	Периодичность контроля (один раз)		
			в день	в неделю	в месяц
Температура	Проектное	Охлаждаемый объем	+		
Состояние испарителя	Проектное	Испаритель	+		
Уровень хладагента в ресивере	Не ниже смотрового стекла	Смотровое стекло		+	
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 ¼ и не выше ¾ 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 8К и не выше 20К	Всасывающий трубопровод			+

Важной особенностью монтажной диагностики технического состояния молокоохладительных установок является возможность сопоставления отдельных процессов между собой без нахождения всех параметров действительного цикла [97, 98]. Параметры режима работы характеризуют величины давлений и температур. Одной из проблем в работе ремонтно-обслуживающего персонала является то, они не могут наблюдать процессов, происходящих внутри трубопроводов. Измерение давления требует проникновения внутрь холодильного контура, а измерение температуры производится снаружи.

Рациональный режим работы молокоохладительной установки характеризуется определенными значениями перепадов температур между средами в теплообменных аппаратах, температурами перегрева пара на всасывании в компрессор и нагнетания. Например, понижение температуры нагнетания свидетельствует о работе компрессора «влажным ходом». Одной из характеристик при работе холодильного контура является степень переохлаждения жидкости на выходе из конденсатора, по которой понимается разность между температурой конденсации жидкости при данном давлении и температурой самой жидкости. В конденсаторе переохлаждение определяется как разность между температурой конденсации (считывается с манометра реле высокого давления) и температурой жидкостной магистрали, измеряемой на выходе из конденсатора (или в ресивере). Когда величина этого переохлаждения ($4-7^{\circ}C$) выходит за пределы обычного диапазона температуры, это часто указывает на аномальное течение рабочего процесса. Так, слишком малое переохлаждение (менее $4^{\circ}C$) свидетельствует о недостатке хладагента в конденсаторе, а повышенное (более $7^{\circ}C$) – указывает на избыток хладагента в конденсаторе. Квалифицированный оператор не будет без оглядки добавлять хладагент в установку, не убедившись в отсутствии утечек и не удостоверившись, что переохлаждение аномально малое.

Характеристикой холодильного контура является величина перегрева паров хладагента на выходе из испарителя, который определяется как разность между температурой пара и испарения жидкости (из которой этот пар образовался) при постоянном давлении. Для испарителей перегрев пара представляет собой разность между температурой, измеренной с помощью термобаллона терморегулирующего вентилля, и температурой испарения, соответствующей показаниям

манометра низкого давления (в большинстве случаев потерями давления в трубопроводе всасывания можно пренебречь ввиду их малости). Обычно считается, что в испарителях с прямым циклом расширения величина перегрева должна составлять от 5 до 8°С. Если оператор замечает, что перегрев выходит за пределы этого диапазона, можно говорить об аномалиях в работе установки. При этом значительная величина перегрева свидетельствует о том, что отверстие терморегулирующего вентиля практически закрыто и пропускает очень мало жидкости. Если перегрев слишком низкий, значит, отверстие терморегулирующего вентиля полностью открыто и пропускает много жидкости.

Технический персонал может проводить обслуживание холодильных установок с одинаковыми хладагентными производительностями, но различными хладагентами. При одной и той же температуре наружного воздуха в них реализуются совершенно одинаковые значения температуры конденсации. Поскольку соотношение между температурой конденсации и давлением насыщенных паров различно для разных хладагентов, то манометр высокого давления будет показывать около 1,0 МПа в установке на R12 и около 1,63 МПа в установке на R22 (если установка заправлена R134a, манометр высокого давления покажет 1,06 МПа). Перепад температур охлаждающего воздуха на входе и выходе, переохлаждение жидкости на выходе из конденсатора будет практически одинаковым или с очень небольшими отклонениями друг от друга. Ремонтник, учитывающий значения температур, а не давлений, обнаружит возможные отклонения в работе конденсатора независимо от типа установки и марки используемого хладагента [99].

Опыт ремонта холодильных установок показывает, что 99% всех возникающих неисправностей составляют 8 групп [98]. Четыре из них снижают хладагентную производительность при одновременном аномальном падении давления испарения: слишком слабый терморегулирующий вентиль, нехватка хладагента, преждевременное дросселирование хладагента и недостаточная производительность испарителя. Пятая группа неисправностей снижает хладагентную производительность при повышенном значении давления испарения – слишком слабый компрессор. Три группы неисправностей вызывают аномальный

рост давления конденсации: наличие несконденсировавшихся частиц, чрезмерная заправка и слишком слабый конденсатор.

Неисправность, обусловленная недостаточной пропускной способностью терморегулирующего вентиля, охватывает большое число различных отказов, при которых появляются одинаковые симптомы. Так, повышенный перегрев указывает на нехватку жидкости в испарителе (рис. 3.2.42а). Нормальное переохлаждение свидетельствует о заполненности конденсатора жидкостью. Почему же она не доходит до испарителя? Это может означать либо закупорку жидкостной магистрали, и тогда имело бы место преждевременное дросселирование, а оно отсутствует. Значит, ее поступлению в испаритель мешает, вследствие своей низкой пропускной способности, терморегулирующий вентиль.

После того, как ремонтник удостоверился в том, что причина аномальной работы установки заключается в недостаточной производительности терморегулирующего вентиля (падение хладопроизводительности, падение давления испарения, повышенный перегрев, нормальное переохлаждение, отсутствие температурного перепада на жидкостной линии), следует точно определить, какой дефект или ошибка обусловили низкую производительность терморегулирующего вентиля, чтобы устранить их. Основными причинами являются неправильная настройка терморегулирующего вентиля или плохой контакт термобаллона с трубопроводом, закупорка фильтра на входе в терморегулирующий вентиль и аномальное падение давления конденсации.

Если в холодильном контуре загрязнен испаритель, то это единственная неисправность, при которой одновременно с аномальным падением давления испарения реализуется нормальный или слегка пониженный перегрев (рис. 3.2.42б). Причинами слабого испарителя могут быть загрязнение трубок и теплообменных ребер испарителя, чрезмерное скопление масла в испарителе или аномальное его обледенение. Если в холодильном контуре слабый компрессор, то это вызывает аномальный рост давления испарения при нормальном или даже несколько заниженном давлении конденсации и недостаточной хладопроизводительности (рис. 3.2.42в). Причинами могут быть разрушение или потеря герметичности клапана компрессора, негерметичная прокладка головки блока между полостями низкого и

высокого давлений, слишком толстая прокладка головки блока или клапанного механизма, производительность компрессора ниже производительности испарителя или слишком высокая тепловая нагрузка. Слабый конденсатор в холодильном контуре вызывает рост давления конденсации и ухудшает переохлаждение (рис. 3.2.42г). Основными причинами слабого конденсатора могут быть загрязнение трубок и ребер конденсатора, проскальзывание ремня вентилятора [99].

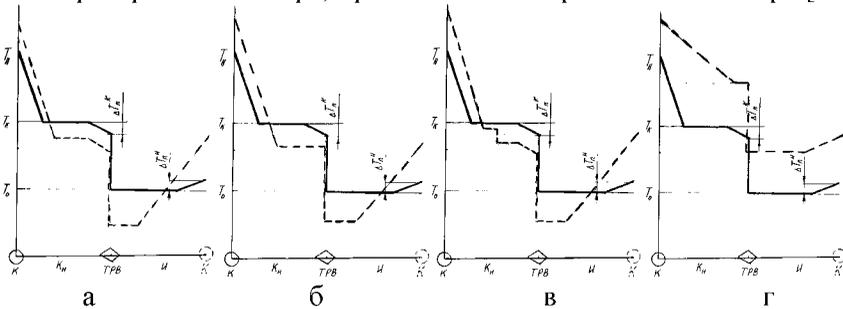


Рисунок 3.2.42 Симптомы элементов низкой производительности: а) терморегулирующего вентиля; б) испарителя; в) компрессора; г) конденсатора (K – компрессор; K_n – конденсатор; ТРВ – терморегулирующий вентиль; И – испаритель; T_0 – температура кипения; T_k – температура конденсации; T_n – температура нагнетания; ΔT – разность температур)

Нехватка хладагента в испарителе вызывает рост перегрева, а нехватка хладагента в конденсаторе – снижение переохлаждения (рис. 3.2.43а). Если перегрев и переохлаждение повышены одновременно, это обязательно означает нехватку жидкости и в испарителе и в конденсаторе, а следовательно и нехватку хладагента в контуре. Лучшим индикатором, указывающим на нормальную величину заправки хладагентом, является переохлаждение. Слабое переохлаждение говорит о том, что заправка недостаточна, сильное указывает на избыток хладагента. Высокий перегрев обязательно указывает на нехватку жидкости в испарителе (рис. 3.2.43б). Это обуславливается тем, что поступлению жидкости препятствует терморегулирующий вентиль или на жидкостной линии имеется какая-то закупорка, которая вызывает перепад температур. Таким образом, в контуре проис-

ходит преждевременное дросселирование. При дросселировании хладагента температура его снижается вследствие того, что при взаимном притяжении молекул внутренняя энергия газа включает как кинетическую энергию молекул, так и потенциальную энергию их взаимодействия. Расширение газа в условиях энергетической изоляции не меняет его внутренней энергии, но увеличивает потенциальную энергию взаимодействия молекул (поскольку расстояния между ними увеличиваются) за счет кинетической энергии. В результате замедления теплового движения молекул температура расширяющегося газа понижается. Основными причинами преждевременного дросселирования могут быть закупорка фильтра-осушителя и сужение проходного сечения жидкостной магистрали, частичное закрытие выходного вентиля жидкостного ресивера и неправильный подбор отдельных элементов холодильного контура, устанавливаемых на жидкостной линии. Хорошее переохлаждение означает либо чрезмерную заправку, либо наличие в хладагенте неконденсирующихся примесей (рис. 3.2.43в) [99].

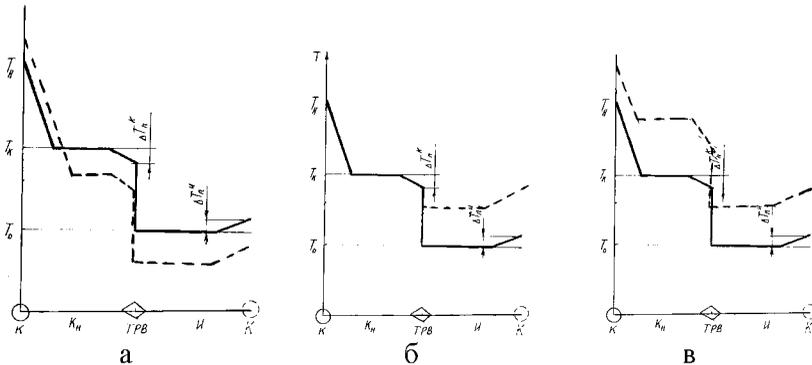


Рисунок 3.2.43 Диагностические симптомы установки:

- а) нехватка хладагента; б) преждевременное дросселирование; в) чрезмерная заправка или наличие в контуре неконденсирующихся примесей (К – компрессор; К_н – конденсатор; ТРВ – терморегулирующий вентиль; И – испаритель; T₀ – температура кипения; T_к – температура конденсации; T_н – температура нагнетания; ΔT – разность температур)

3.2.5 Особенности монтажа оборудования птицефабрик

Проблемные вопросы, возникающие при монтаже оборудования птицефабрик, связаны с выравниванием клеточных батарей, монтажом спиралей кормораздатчиков, заправкой помётуборочной ленты, заправкой кормораздаточной цепи, заправкой и соединением яйцесборочной ленты.

Выравнивают клеточные батареи с помощью лазерного нивелира – чувствительного электрооптического прибора. Первый и последний ряд этажей выравнивают при помощи водяного уровня по вертикали и по горизонтали. Лазерный нивелир прикрепляют к штативу и устанавливают за последним рядом установки. Подвешивают по одной мишени под желобом нижнего этажа (рис. 3.2.44). Выставляют лазер таким образом, чтобы направляющий луч попадал на перекрещивание нитей обеих мишеней. С мишенью (1) переходят к следующему стеллажу и подвешивают ее под желобом в месте его соединения. Стеллаж выравнивают с помощью подстройки ножки стойки (3) по вертикали [А] [С], по горизонтали [В], до тех пор, пока луч не пройдет через середину перекрестия нитей на мишени. Таким образом, поэтапно выверяется весь ряд. Чтобы установка стояла вертикально, лазерный нивелир ставится на другую сторону ряда с установкой его на верхнем этаже (первый и последний стеллаж). На каждом стеллаже устанавливают ножки стойки (4) до тех пор, пока установка выровнена и в верхнем ярусе [В].

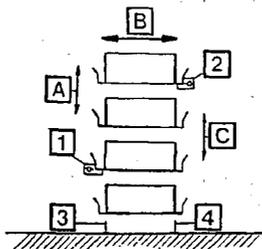


Рисунок 3.2.44 Выравнивание клеточной батареи:

1–2 – мишени; 3–4 – стойки

При монтаже кормораздаточной спирали ее разматывают и выравнивают деформированные участки. Если это невозможно, деформированную часть удаляют, и спираль заново сваривают. Чтобы из-

бежать деформирования спирали во время монтажа, закругляют концы спирали. Отсоединяют от нижней части корпуса приемника затяжной подшипник и вдвигают спираль в транспортировочную трубу, преодолевая нарастающее сопротивление от трения. Надевают спираль на натяжное устройство и зажимают её болтом-крючком и контргайкой. Прикручивают привод к приводной головке. Вытягивают спираль многократно из нижней части корпуса приемника и отпускают её, для того чтобы она приняла нормальное натяжение. Маркируют положения спирали относительно соединительного фланца и затяжного подшипника. Вытягивают спираль приблизительно на 30 см из нижней части корпуса приемника и, зафиксировав её на соединительном фланце, укорачивают её на нижнюю длину со стороны маркировки. При длине спирали меньше 15 м: натягивают вручную и разъединяют на отмеченном месте. При длине спирали ровно 15 м: спираль на 5 см натягивают и укорачивают. При длине спирали выше 15 м: спираль на 5-10 см натягивают и укорачивают. При чрезмерном натяжении спирали происходит большой износ внутренней стороны дуги. При слабом натяжении спирали происходит трение наружной стороны дуги, что приводит к повышенному износу. Вводят натяжной вал для спирали в конец спирали. Затягивают спираль на натяжном вале и трубу натяжного вала шурупом-крючком и контргайкой (рис. 3.2.45).

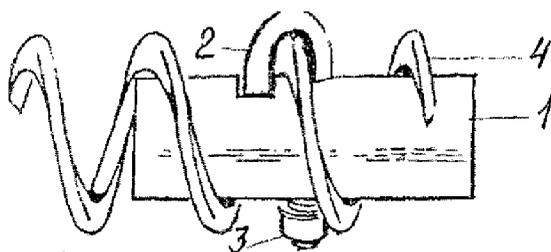


Рисунок 3.2.45 Монтаж спирали:

3 – натяжное устройство; 4 – болт-крюк; 5 – гайка; 57 – спираль

Перед заправкой кормораздаточной цепи необходимо удалить все болты, гайки, скобы из кормового лотка, чтобы избежать повреждений системы кормораздачи. Разматывают кормораздаточную цепь в проходах (рис. 3.2.46). Запрещается разгибать крюк кормо-

раздаточной цепи или гнуть его молотком. При этом материал становится хрупким, и цепь разорвется при приёме в эксплуатацию.

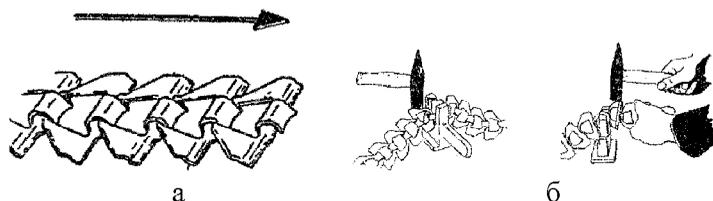


Рисунок 3.2.46 Цепь кормораздатчика:

а) направление движения; б) соединение участков цепи

Особенности монтажа тросошайбовых транспортеров приведены в таблице 3.2.14.

Таблица 3.2.14 Соединение троса с шайбами

Операция	Схема
Обжимают концы троса проволокой диаметром 2 мм и облуживают их	
Лудят поверхности конусов и втулок	
Надевают втулки, шайбы и соединительное кольцо на соединяемые концы троса	
Вставляют конуса в стренги тросов, нагревают и наносят припой	
Соединяют шайбы с помощью кольца	

Заправка помётоуборочной ленты производится в коротких установках (длина ряда до 50м, в зависимости от ширины ленты) вручную, а в более длинных с помощью приспособления для заправки ленты с мотором-редуктором (рис. 3.2.47). При заправке ленты 2 человека протягивают ее через установку, и 1 человек следит за нормальным разматыванием установленного на козлах рулона. При заправке с помощью приспособления необходим 1 человек для обслуживания мотора-редуктора и 1 – для слежения правильности заправки ленты. Заправка ленты облегчается, если рулон ленты установить на козлы и зафиксировать против откатывания, или использовать разборное приспособление для разматывания ленты. Начинают заправку необходимо со стороны привода помётоуборочной ленты. Ленту тянут с нижней стороны рулона через обратный ход ленты к повороту ленты и далее к приводу ленты. При этом гладкая поверхность ленты должна быть видна снаружи. Устанавливают рулон посередине, горизонтально и под прямым углом к приводу ленты на козлы. Протягивают ленту между обратным ходом под подхватами через батарею до поворотной установки вручную или с помощью редуктора. Пропускают ленту вокруг поворотного катка и тянут до переднего края привода помётоуборочной ленты. Отрезают ленту на длину 1,5м за пределами ее привода, достаточную для подрезки и сварки. При заправке ленты с помощью устройства для заправки с мотором редуктором подвешивают на соответствующий ярус захваты заправочного устройства за поперечину рамы привода помётоуборочной ленты, а дугообразный упор устанавливают на приводной каток привода ленты. Ленту тянут шнурами за закрепленную на ней пластину с нижней стороны рулона к приводу ленты. При этом гладкая поверхность ленты должна быть видна снаружи. Отрезают ленту на длину 1,5 метров за пределами привода ленты, достаточную для подрезки и сварки.

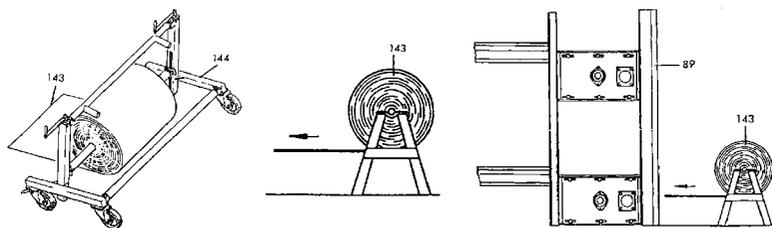


Рисунок 3.2.47 Заправка помётоуборочной ленты

При заправке и соединении яйцесборочной ленты ее размещают по контуру яйцесборочного канала и натягивают ее от руки, допуская провисание между скобами обратного хода до 5 см. Если полипропиленовую яйцесборочную ленту натянуть при монтаже, то при сжатии материала ее натяжение возрастает и натянутую ленту невозможно отрегулировать. Кроме того, подшипники поворотов или очистителя ленты будут сильно перегружены, и их срок службы сократится. Поэтому натягивают яйцесборочную ленту от руки настолько, чтобы она не провисала снизу. Отрезают ленту с перекрытием в 20 см и склеивают ее концы. Отпускают ленту примерно на 30 см и сшивают оба конца швейной машинкой или от руки.

Бригадный набор оснастки и инструмента для монтажа оборудования по созданию микроклимата на птицефабриках состоит из четырех комплектов. Первый комплект оснастки включает термогигрограф, универсальный переносный прибор для измерения постоянного и переменного тока, манометр, ручная дрель.

Второй комплект оснастки включает клуппы и метчики, плоскогубцы и клещи, отвертки и пробойник, молоток и чертилку, набор ключей и ножики для очистки кабеля, ножовку и штангенциркуль. Третий комплект оснастки объединяет переносные измерительные приборы, позволяющие одновременно измерять напряжение тока, активную и реактивную мощность. Четвертый комплект состоит из прибора, с помощью которого измеряются сопротивления заземления и изоляции, напряжение сети.

При монтаже нижних и верхних ярусов клеточных батарей применяют универсальные платформы. Платформа представляет собой площадку с деревянными покрытиями: при монтаже нижних ярусов клеточных батарей она перемещается по полу на обрешеченных колесах, при монтаже верхних ярусов к ней присоединяются дополнительно четыре колеса, установленные на кронштейне и перемещающиеся по разъемной раме.

Для повышения производительности труда при монтаже клеточных батарей используется специальное приспособление для сборки болтовых соединений, которое крепится к серийному гайковерту, например типа МЭ-3116. Приспособление состоит из головки торцевого ключа, закрепленной на пластине, другой конец которой насажен на штангу, имеющую возможность перемещаться в продоль-

ном направлении во втулке хомута, закрепленного на корпусе гайковерта. Для прижатия ключа к головке болта штанга выполнена подпружиненной.

Оснастка для монтажа цепных транспортеров раздачи кормов клеточных батарей состоит из двух основных приспособлений - для проворачивания вала звездочки цепного транспортера и для сборки-разборки кормораздаточной цепи. Приспособление для проворачивания вала звездочки цепного транспортера включает рычаг с клином, на котором шарнирно закреплена головка, имеющая внутренний диаметр несколько больший диаметра вала.

Головка надевается на вал, при перемещении рычага клин заклинивает вал и поворачивает его, натягивая цепь. Концы цепи сближаются, их скрепляют соединительным звеном, вводят в приспособление для сборки-разборки кормораздаточной цепи и с помощью молотка соединяют. Разборка цепи производится аналогично сборке, только молотком звенья разъединяют.

На птицефабриках применяются пластмассовые трубы (коррозионностойкие, легкие, не создающие дополнительной сырости из-за конденсации влаги). При их монтаже специалисты применяют холодный и горячий способы гибки. Холодным способом изгибают трубы диаметром до 16 мм и толщиной стенки до 1,5 мм. Для этого используются подушка, представляющая собой пластмассовую полосу с двумя продольными желобами радиусом до 8 мм, и гибкий пластмассовый стержень.

В изгибаемую часть трубы вставляются гибкий стержень сплошного круглого сечения, диаметр которого на 1,0-1,5 мм меньше внутреннего диаметра трубы, затем труба со стержнем укладывается в желобок подушки и вручную изгибается до требуемого радиуса и угла. Из изогнутой трубы гибкий стержень вынимается.

Горячим способом изгибают трубы диаметром более 16 мм и толщиной стенки более 1,5 мм. Изгибаемая часть труб предварительно нагревается до температуры 60-70 °С в камере электропечи и затем в нее вставляется гибкая спираль, наружный диаметр которой на 1-2 мм меньше внутреннего диаметра трубы. Спираль изготовлена из пружины, внутри ее пропущен трос, концы которого соединены с концами пружины. Изгиб нагретой части трубы на требуемый угол осуществляется вручную с помощью ролика [100].

3.3 Техническое обслуживание и ремонт машин и оборудования

3.3.1 Кормоприготовительное оборудование

Измельчители и дробилки кормов относятся к машинам, поломки которых возникают наиболее часто. Это объясняется тем, что они работают в условиях изменяющейся динамической нагрузки, испытывают вибрацию и сильные толчки, перерабатывают продукт, обладающий абразивными свойствами и кислотностью. Кроме того, в дробилки и измельчители часто попадают вместе с кормами посторонние предметы (куски металла, дерева, камни, кости). Поэтому необходимо постоянно контролировать техническое состояние этих машин. Перед пуском измельчителя проворачивают вручную ножевой барабан (диск) с выключенным питающим транспортером, чтобы убедиться, нет ли заедания в подшипниках, не ударяют ли ножи о противорежущую пластину, не задевают ли какие-либо детали за кожух барабана, щитки, ограждения. Проверяют, хорошо ли затянуты болты ножей, противорежущей пластины и подшипников.

Пускать электродвигатель следует только при выключенном питающем транспортере. После того как двигатель будет работать с полным числом оборотов, включают питающий транспортер. Для этого рычаг муфты включения надо переместить от себя. Транспортер начнет двигаться в обратную сторону, и, если на нем будут находиться какие-либо посторонние предметы, они упадут на землю. Очистив транспортер от засорений, его переключают на подачу, машину включают на холостой ход, дают ей поработать 5—10 мин и останавливают для проверки состояния подшипников. Убедившись, что подшипники не нагреваются и механизмы работают нормально, машину дополнительно прокручивают в течение 15 мин, а затем начинают подавать и измельчать корм. При снижении числа оборотов ножевого барабана надо немедленно прекратить подачу кормов, подождать, пока восстановится номинальное число оборотов, и возобновить подачу.

Для получения максимальной производительности измельчителей и качественной резки необходимо, чтобы подача измельчаемого материала была равномерной, материал надежно защемлялся, а ножи хорошо заточены. Надежное защемление материала обеспечивают рациональные углы раствора между лезвием ножа и рабочей кромкой

противорежущей пластины, не превышающие удвоенного значения угла трения. Полное защемление наступает при условии $\chi \leq 2\varphi_{\min}$ (рис. 3.3.1.1а). При работе измельчителя с тупыми ножами (рис. 3.3.1.1б–в) резко возрастает потребляемая мощность и ухудшается качество резки (рис. 3.3.1.1б).

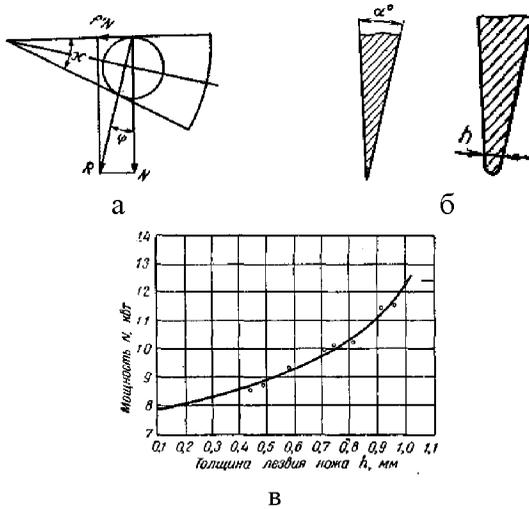


Рисунок 3.3.1.1 Резание материала:

а – защемление; б – острота лезвия; в – расход мощности

Это объясняется тем, что при резании стебельчатых кормов (рис. 3.3.1.2) критическая сила сжатия ножом $P_{кр}$, способная возбудить процесс резания, определяется тремя слагаемыми $P_{кр} = P_{рез} + T_1 + T_2 \cdot \cos\gamma$ (где $P_{рез}$ — сопротивление резанию лезвием, Н; T_1 — сила трения, обусловленная действием бокового давления, возникающего при внедрении клина в перерезаемый слой, Н; $T_1 = f \cdot P_{обж}$, f — коэффициент трения лезвия по материалу; T_2 — сила трения на фаске ножа, обусловленная давлением со стороны сдвигаемого материала, Н; γ — угол заточки ножа, град). Из трех слагаемых наибольшую величину имеет сила резания $P_{рез} = \delta \cdot \Delta s \cdot \sigma_p$ (где δ — толщина кромки лезвия, м; Δs — длина активной части лезвия, м; σ_p — нормальное контактное разрушающее напряжение разрезаемого слоя, Па).

Процесс резания начинается при достижении силой сжатия какой-то критической величины, превышающей сопротивление материала разрушению.

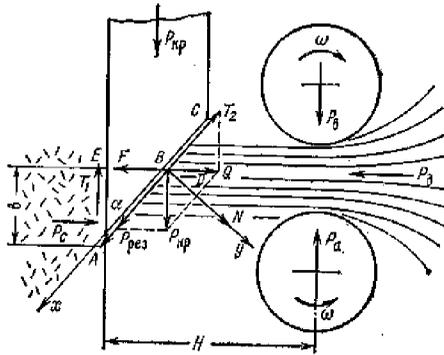


Рисунок 3.3.1.2 Силы при резании материала

Критическая сила зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала и параметров лезвия. Наиболее рациональный вид резания – скользящее резание. Скользящее резание осуществляется лезвием, имеющим скос, превышающим угол трения или лезвием, имеющим тангенциальную относительно материала составляющую своего перемещения (табл. 3.3.1.1).

Таблица 3.3.1.1 Виды резания

Наименование	Нормальное	Наклонное	Скользящее
Схема			
Угол скольжения	$\tau = 0$	$\tau \leq \varphi$	$\tau \geq \varphi$
Угол заточки	<i>const</i>	Уменьшается $tg\gamma' = \frac{tg\gamma}{\sqrt{1+tg^2\tau}}$	Уменьшается $tg\gamma' = \frac{tg\gamma}{\sqrt{1+tg^2\tau}}$
Удельная линейная сила ножа	$q = \frac{N}{\Delta s} = \frac{P_{рез}}{b}$	$q = \frac{P_{рез} \cos^2 \tau}{b}$	$q = \frac{P_{рез} \cos^2 \tau}{b}$

Резание со скольжением обеспечивает более легкое проникновение ножа в слой материала трансформацией угла заточки γ' и перпиливающим воздействием неровностей на лезвии, которые всегда на нем имеются (рис. 3.3.1.3). При скользящем резании равнодействующая сила сопротивления, а следовательно и сила резания всегда отклонены от нормали к лезвию на угол трения лезвия о материал. Этот угол принято называть углом скользящего резания. Коэффициент скользящего резания и коэффициент скольжения представляют собой тангенсы угла трения и угла скольжения соответственно $f' = rE \rightarrow tg\varphi = (0,176...0,325)tg\tau$. Угол скользящего резания – переменная величина, зависящая от угла скольжения. С увеличением угла скольжения увеличивается и угол скользящего резания.

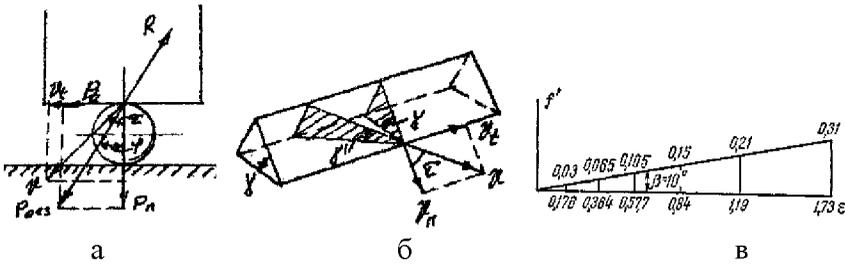


Рисунок 3.3.1.3 Факторы скользящего резания:

а – динамика скользящего резания; б – трансформация угла заточки; в – зависимость коэффициента скользящего резания от коэффициента скольжения

Важнейшими параметрами режимов резания являются удельная линейная сила ножа и удельная работа резания. Если удельную линейную силу ножа при рубке принять за 100%, то его величина при различных углах скольжения может быть оценена по графикам (рис. 3.3.1.4а–г). При резании со скольжением по мере увеличения коэффициентом скольжения удельная работа должна также возрастать. Но при этом удельная линейная сила ножа несколько уменьшается. Следовательно, результирующая величина удельной работы будет иметь какое-то экстремальное значение, при котором на процесс резания потребуется затратить минимум энергии (рис. 3.3.1.4д).

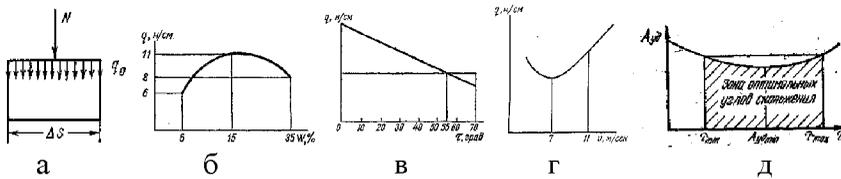


Рисунок 3.3.1.4 Факторы удельной линейной силы ножа:

a – длина нагруженного участка лезвия; *б* – влажность материала; *в* – угол скольжения; *г* – скорости ножа; *д* – удельная работа

Кроме свойств материала, значений угла скольжения и скорости ножа на величину удельного давления, существенное влияние оказывают конструктивные параметры режущей пары и ее техническое состояние в процессе эксплуатации. К таким параметрам относятся: острота лезвия, установка ножа и угол резания, а также величина зазора между лезвиями ножа и противорежущей пластины. Острота лезвия оценивается толщиной рабочей кромки его, для соломосилосорезок она находится в пределах $\delta = 20 - 40$ мкм (рис. 3.3.1.5а). При затуплении лезвия в процессе эксплуатации допускается увеличение толщины лезвия до $\delta = 100$ мкм, после чего нож подлежит перезаточке.

Чтобы восстановить начальную остроту, необходимо снять на заточном станке кольцевую полоску шириной Δ . Ширина стачиваемой части режущей кромки ножа (рис. 3.3.1.5а) $\Delta = \delta_{\max} / \text{tg} \gamma$ (где γ – угол заточки ножа). Для соломосилосорезок угол заточки ножа $\gamma = 12 - 22^\circ$, следовательно, при заправке ножа ширина стачиваемой части $\delta = 20 - 40$ мкм. При этом большие значения Δ относятся к дисковым ножам с криволинейными, и меньшие – с прямыми лезвиями. Нижний предел угла заточки обусловлен прочностью материала, а верхний – экономичностью режимов резания. Применяемые высокоуглеродистые стали марок У9 и 65Г с термообработкой рабочей зоны шириной 20–30 мм до твердости 47–56HRC обеспечивают возможность длительной работы ножей соломосилосорезок. Угол заточки непосредственно связан с углами резания α (рис. 3.3.1.5б) и установки β величина которых выбирается с учетом принятых размеров режущего аппарата и ре-

жимов его работы. Чистый срез достигают регулировкой зазора между режущей кромкой ножей и противорежущей пластиной. Конструктивно устройства для крепления ножей и регулировки зазора у машин выполнены по-разному, но принципиально они между собой почти не отличаются. Ножи регулируют главным образом стопорными винтами и средним регулировочным винтом. Если необходимо, между дисками ножевого барабана и ножом устанавливают регулировочные прокладки. Зазор между его лезвиями и противорежущей пластиной должен быть одинаковым по всей длине барабана и составлять 0,5 — 0,8 мм. Величину зазора проверяют щупом.

Ножи и противорежущие пластины считаются пригодными к работе, если на лезвиях нет зазубрин, трещин, заусенцев, а толщина режущей кромки лезвия не превышает 0,5 мм. Если же техническое состояние ножей не удовлетворяет указанным требованиям, их необходимо заточить. Место установки ножа маркируют краской или мелом, чтобы после заточки его поставить на свое место. Ножи затачивают на наждачном камне с последующей доводкой на влажном точиле. Заточенные лезвия ножей должны иметь толщину не более 0,25 мм на всей режущей кромке. Режущая кромка ножа должна быть ровной, а линия ее соответствовать форме изгиба ножа. Если механическим способом нож исправить не удастся, его отдают для ремонта в кузницу. Необходимость в заточке ножей оценивают визуально. Через 10—20 заточек нож заменяют, а противорежущую пластину переворачивают на другую сторону. Зазор между лезвием ножа и противорежущей пластиной (рис. в) для соломосилосорезок устанавливается в пределах 0,5—1,0 мм, а для барабанных режущих аппаратов силосоуборочных комбайнов, имеющих большую длину барабанов, — от 1,5 до 4,6 мм.

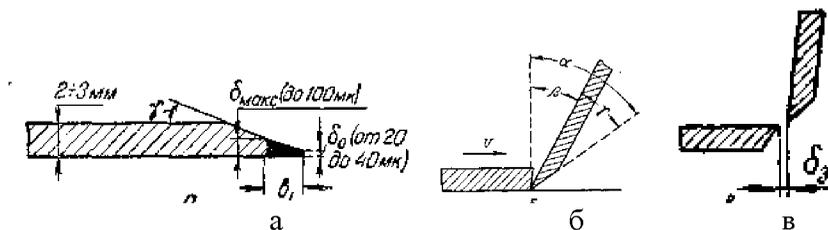


Рисунок 3.3.1.5 К обоснованию остроты лезвия (а), угла заточки ножа (б) и величины зазора режущей пары (в)

Для работы измельчителя в режиме смешивания ножи противорезов выводят из рабочей камеры. Для этого вынимают стопор (рис. 3.3.1.6), а после вывода ножей из рабочей камеры (поворотом их вокруг оси вала) устанавливают его в передние отверстия ножей А, В и С. Для работы машины в режиме смешивания и доизмельчения массы ножи противорезов, расположенных через 120° , оставляют в рабочей камере, а ножи остальных — выводят из нее. Для постоянной работы измельчителя в режиме смешивания компонентов противорезы демонтируют, а вместо них устанавливают зубчатые деки. При подготовке машины для работы в режиме измельчения в окна рабочей камеры устанавливают шесть пакетов противорезов: в первом (нижнем) ярусе ротора — четыре зубчатых молотка, во втором и третьем — длинные двугранные (или одногранные) ножи (4 — 8 шт.), а в верхнем ярусе — четыре укороченных ножа. При подготовке измельчителя для работы в режиме смешивания демонтируют противорезы и вместо них устанавливают шесть зубчатых дек: в нижнем ярусе ротора — два зубчатых молотка под углом 45° (справа от оси ротора), на верхнем ярусе оставляют ранее установленные четыре укороченных одногранных ножа. Качество измельчения корма регулируют изменением количества ножей и молотков на роторе, противорезов, находящихся в рабочей камере, изменением положения шибера Д. Получение требуемой степени измельчения достигается изменением частоты вращения электродвигателя (рис.) измельчающего аппарата. Для получения более мелкой резки в проточку корпуса измельчителя устанавливают цилиндрическую деку.

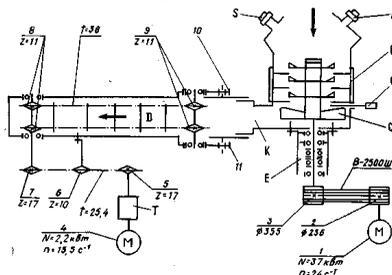


Рисунок 3.3.1.6 Кинематическая схема измельчителя:

1, 4 — электродвигатели; 2 — шкивы; 5, 7 — цепные колеса; 6 — натяжное цепное колесо; 8 — ведущее цепное колесо; 10, 11 — натяжные болты.

Режут корнеклубнеплоды ножами с плоским (стружка в виде ломтей), гребенчатым или сопочкообразным лезвием. Гребенчатый нож делает рваную стружку и требует большего усилия резания, чем плоский нож. Такие ломти используют для молодняка КРС и сушки. Сочкообразные ножи срезают стружку полуовального сечения. Их сложнее затачивать. Ножи изготавливают из инструментальной стали У9 или марганцовистой 65Г и 70Г. Угол заточки прямого ножа равен $18...25^{\circ}$. Толщина лезвия не должна превышать 0,1 мм. Рабочую часть ножа подвергают закалке на ширину 20...25 мм. Перемещение частицы вверх в вертикальном шнеке будет осуществляться в том случае (она не будет вращаться вместе с витком), если сила трения о кожура будет больше суммы сил, препятствующих ей

$$F_k > F_w + G \sin \alpha \rightarrow f_1 \omega^2 R m > f m g \cos \alpha + m g \sin \alpha \rightarrow \omega > \sqrt{\frac{g(f \cos \alpha + \sin \alpha)}{f_1 R}}$$

Как видно из неравенства, для уменьшения частоты вращения вертикального шнека необходимо, чтобы поверхность витков была гладкой (коэффициент трения минимальный), а кожура – шероховатой (коэффициент трения максимальный).

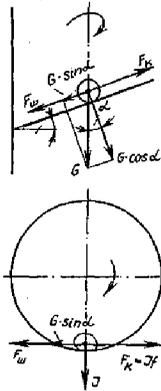


Рисунок 3.3.1.7 Динамика сил в вертикальной шнековой мойке:

Общее усилие резания измельчителями корнеклубнеплодов определяются постоянным сопротивлением и сопротивлениями, зависящими от ширины и толщины срезаемой стружки и от скорости резания — $P = P_0 + P_{деф} + P_{ск} \rightarrow P = P_0 + kbh + Ebh\vartheta^2$ (где P_0 — некоторое постоянное сопротивление; k, E — коэффициенты пропорциональности;

b и h — ширина и толщина срезаемой стружки; ϑ — скорость резания). Первое — это сопротивление резанию, зависящее от свойств корма и параметров резца, второе — это усилие на деформацию стружки и третье — это усилие на сообщение стружке определенной скорости при ее отбрасывании. Наибольшее значение имеет вторая составляющая, наименьшее — третья. Как видно из графика (рис. 3.3.1.8), третий член формулы имеет очень малое значение [29].

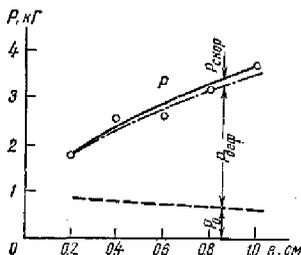


Рисунок 3.3.1.8 Распределение усилия резания по составляющим сопротивлений для кормовой свеклы от толщины стружки []

Наиболее интенсивно в дробилках изнашиваются молотки (фрезы), решетка, колосниковые деки, коромысла и другие элементы дробильного ротора, дробильной камеры и вентилятора (рис. 3.3.1.9). Кроме естественного износа, наблюдаются поломки деталей при попадании в дробилку вместе с продуктом металлических предметов или камней, которые приводят к длительным остановкам машины. Перед пуском дробилки необходимо тщательно проверить состояние всех ее основных узлов, приводных устройств, надежность крепления электродвигателя, редукторов, защитных кожухов, ограждений. Особенно внимательно осматривают дробильный ротор, решетка, колосники, вентилятор. В дробильной камере должно находиться решето, соответствующее виду перерабатываемого продукта и необходимой крупности помола. Обычно зазор между концами молотков и декой (решетом) должен находиться в пределах 2—6 мм. При малом зазоре между молотками и декой происходит интенсивное разрушение частиц перерабатываемого продукта вследствие перетирания и ударного сжатия. Это приводит к образованию большого количества мучнистой пыли, а рабочий процесс сопровождается большими энергоза-

тратами. С увеличением количества мучнистой пыли при дроблении зерна расход электроэнергии увеличивается в 1,5—2 раза. Кроме этого, повышаются потери корма вследствие распыления его, плохой поедаемости и усвояемости животными. При дроблении сочных кормов и пищевых отходов уменьшенный зазор между молотками и деками вызывает обильное выделение соков, вместе с которыми уходят и питательные вещества.

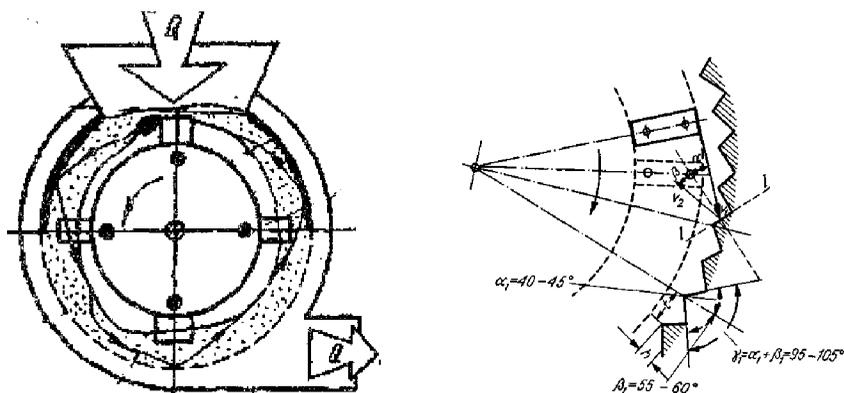


Рисунок 3.3.1.9 Динамика и кинематика дробления
 а) траектория движения частицы; б) столкновение с декой

Процесс дробления ингредиентов зерновых кормов в молотковой дробилке осуществляется ударом влет и истиранием (рис. 3.3.1.10). В первый момент (рис. 3.3.1.10а) продукт, находящийся в кольцевом движении, войдя в загрузочный канал, ударит по струе вводимого продукта со скоростью \mathcal{Q}_1 . В связи с тем, что эта скорость сравнительно не велика, а массы соударяемых частиц почти равны, изменение направления струи продукта будет незначительным, и продукт кольцевого слоя смешается с вновь вводимым. В положении, указанном на рисунке 3.3.1.10б, молоток ударяет по струе вводимого продукта. Частицы, пришедшие в контакт с молотком, приобретают его скорость, начинают двигаться по касательной к окружности, выходят из контакта с молотком и ударяются о неподвижную противодействующую плиту. Удар в зоне загрузки был бы идеальным, если бы в момент удара частицы вводимого продукта падали вниз с определенным интервалом dh , причем

$$dh = \frac{gb^2}{2g_1^2}$$

где dh – расстояние между частицами; g – ускорение силы, тяжести; b – ширина молотка; g_1 – скорость конца молотка.

В данном случае первый молоток, ударяя по нижнему слою, не нарушал бы геометрии струи сверху летящих (падающих) слоев. Но так как продукт, поступающий из питателя, представляет собой неразрывную струю, связанную силами внутреннего трения, то в момент удара на высоте ΔH происходит сдвиг слоев продукта по кривой (рис. 3.3.1.10*б*), т. е. нижняя часть струи образует «шлейф» движущихся частиц по направлению удара. Значит, второй удар следующего молотка по продукту может произойти только в том случае, если точка продукта успеет приблизиться к окружности движения концов молотка и даже несколько перейдет ее. Движение единичной твердой частицы в момент удара можно записать так:

$$m = \frac{d\bar{g}_2}{dt} = \sum_i F_i$$

где m – масса частицы; $\frac{d\bar{g}_2}{dt}$ – ускорение; $\sum_i F_i$ – равнодействующая всех внешних сил, приложенных к частице.

Внутри слоя отдельные частицы совершают вполне определенные траектории [138]. При ударе молотка по куску, последний отбрасывается на деку или на решето и «испытывается на проход» через отверстия решета. Если частица через решето не проходит, то она отражается от него, возвращаясь к центру ротора, и снова попадает в зону действия молотков, причем возвращение частицы к центру ротора протекает с замедлением, так как после отражения от решета частица находится под действием центробежной силы (действующей от центра ротора к периферии) и силы сопротивления воздушного потока. В какой-то момент времени частица останавливается, а затем снова под действием ударов молотка и центробежной силы направляется на решето. В результате ряда последовательных ударов молотков и многократных отражений кусок разрушается на мелкие части и измельченный материал проходит через решето. Недостатком машин

является то, что в процессе работы машины крупные располагаются в основном на рабочей поверхности решета и деки, а мелкие – в зоне воздействия молотков. Одновременно вращающаяся по периферии камеры дробилки общая масса окончательно истирается о молотки, неподвижные части машины и от послынного относительного движения. При зазоре между концами и рабочей поверхностью решета крупным частицам весьма трудно попасть под удары молотков, а мелким выпасть через отверстия решета. Это является одной из причин неравномерного фракционного состава продуктов помола и высокого удельного расхода энергии. Кроме того, установлено, что путь перемещения материала в дробильной камере рабочей поверхностью молотка не зависит от его переносной скорости. Но зато с увеличением диаметра ротора этот путь возрастает, на что затрачивается непроизводительная энергия. С увеличением зазора угловая скорость периферийного слоя уменьшается, а с уменьшением зазора – увеличивается. В результате экономичность работы машины падает. Для повышения экономичности и качества работы молотковых дробилок приходится обеспечивать минимальные зазоры между концами молотков и рабочей поверхностью дробильной камеры и наименьший возможный размер диаметра ротора. С увеличением зазора угловая скорость периферийного слоя уменьшается [138].

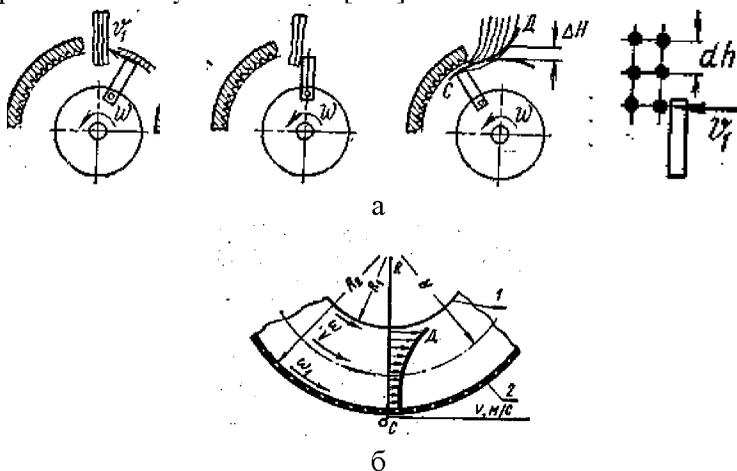


Рисунок 3.3.1.10 Влияние зазора:
а) на входе; б) при циркуляционном движении

Теория проясняет качественную сущность явлений, происходящих в рабочей камере дробилки. Состояние характеризуется двумя уравнениями: изменение количества движения молотка и куска (скорость куска до удара принимается равной нулю) и кинетической энергии молотка и куска с учетом работы деформации:

$$\begin{cases} M(g_m - g_k) = m g_k \\ \frac{M g_m^2}{2} = \frac{M g_k^2}{2} + \frac{m g_k^2}{2} + A_{деф} \end{cases} \rightarrow A_{деф} = \frac{m g_m g_k}{2} = \frac{m g_m^2}{2} \left(\frac{g_k}{g_m} \right) = f \left(\frac{g_k}{g_m} \right)$$

Работа деформации зависит от скорости молотка после удара и изменяется по линейному закону. Так как скорость молотка после удара зависит от относительной массы (из уравнения изменения импульса), то и работа деформации зависит от нее. Полная энергия, сообщаемая куску молотком, является функция конечной скорости молотка, и изменяется по параболическому закону (рис. 3.3.1.11а).

$$\frac{m g_k^2}{2} + \frac{m g_m g_k}{2} = \frac{m g_k}{2} (g_k + g_m) = \frac{M(g_m - g_k)}{2} (g_m + g_k) = \frac{M(g_m^2 - g_k^2)}{2} = \frac{M g_m^2}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{g_k}{g_m} \right)^2 \right)$$

При малых значениях отношений массы зерна и молотка мало энергии затрачивается на деформацию и большая часть остается в виде свободной энергии молотка. Количество ударов, которое требуется нанести для разрушения материала, зависит от его прочности (рис. 3.3.1.11б).

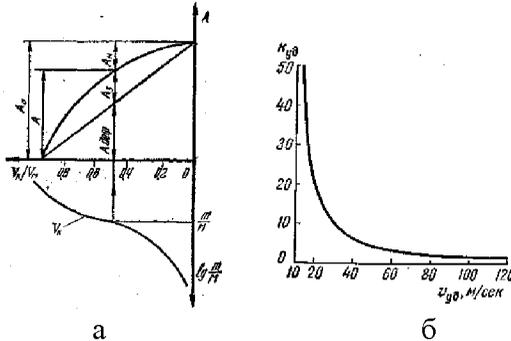


Рисунок 3.3.1.11 Энергетика процесса дробления:

а) распределение энергии при ударе; б) необходимое число ударов молотка по зерну в зависимости от скорости удара

Об исправности дробильного ротора можно судить по техническому состоянию молотков. В процессе работы дробилки рабочие

границы молотков под воздействием твердых частиц зерна и других продуктов изнашиваются, становятся овальными. В этом случае производительность машины значительно снижается. Наибольшему износу подвержены молотки, расположенные на краю ротора, где происходит «заклинивание» продукта между молотками и дробильной камерой. Схема износа молотка показана на рисунке 3.3.1.12. Изношенные молотки поворачивают другой стороной, острыми углами в направлении удара. После износа всех сторон молотки заменяют запасными, а изношенные направляют в ремонтную мастерскую. 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. Срок службы молотков определяют в часах чистой работы и в количестве переработанного продукта. Максимальное количество продуктов, перерабатываемых одним комплектом молотков, составляет примерно 500—600 т, после чего молотки заменяют. При этом средний износ молотков по весу составляет 6—6,5 г. Изношенные молотки ремонтируют, устраняя овальность рабочих кромок молотка. Решета переворачивают на 180° неизношенной стороной отверстий против направления вращения ротора.

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.

Для статической балансировки дробильных роторов с шарнирными молотками на отбалансированный ротор надевают заранее подобранные по весу комплекты молотков с разницей в весе комплектов 5 г для новых молотков и 10 г для бывших в употреблении. Для качественного измельчения продукта молотки на дробильном роторе следует устанавливать по схеме заводской инструкции. Чаще всего их располагают в шахматном порядке с тем, чтобы при вращении у дробильного ротора не было нерабочих зон, допускающих проскакивание целого продукта.

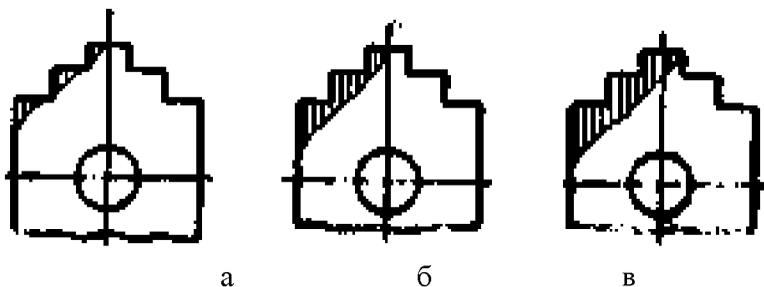


Рисунок 3.3.1.12 Схема износа молотка дробилки кормов:
а — граница износа не дошла до оси молотка—перестановка молотка преждевременна; *б* — граница износа дошла до оси молотка — молоток следует переставить; *в* — граница износа вышла за ось молотка — перестановка запоздала

После 400–500 ч работы угол у молотка изнашивается. Молоток может работать поочередно всеми четырьмя углами, если его переставлять по мере износа каждого угла для работы другой стороной. С этой целью предусмотрены два отверстия. Ступенчатая форма молотка позволяет увеличить поверхность в зоне наибольшего износа и таким образом продлить срок его службы в 1,5–2 раза. Гладкие решета имеют преимущества в отношении прочности. Кроме того, такое решето с цилиндрическими отверстиями, так же как и молоток, может работать в четырех положениях (два раза после износа граней отверстий его поворачивают вокруг горизонтальной оси и два раза—вокруг вертикальной оси). После двух перестановок решето прогибают в противоположную сторону на специальных гибочных станках.

Таблица 3.3.1.2 Сравнительная энергоёмкость измельчения зерна

Наименование	Сила, необходимая для разрушения зерна (при влажности 13...15%)	Энергопотребление, %
Проса	14...16,8	
Пшеница	100...120	100
Жито		135
Ячмень	120...180	175
Овес	100...120	325
Кукуруза	180...220	

Таблица 3.3.1.3 Характеристика зерна

Наименование	Влажность ,%
Сухое	Менее 14
Средней сухости	15
Влажное	15,5...17
Мокрое	Более 17

Почти все дробилки кормов снабжены предохранительными элементами для остановки дробильных роторов при резкой перегрузке или попадании посторонних предметов. В качестве предохранительных элементов используют муфты или шкивы со срезными штифтами или пальцами, которые жестко соединяют вал ротора с приводом. В случае попадания в дробилку металлического предмета или камня палец или штифт срезается, дробильный ротор останавливается, а приводной шкив начинает работать вхолостую. Однако дробильные роторы, обладающие большой массой, при вращении приобретают большую инерцию и не могут остановиться сразу. Поэтому для предотвращения поломок необходимо тщательно очищать продукт от посторонних включений.

В зубчатых предохранительных муфтах быстро изнашиваются зубчатые поверхности шайб. Шайбы изготавливают из стали 5 и закаливают до твердости 27...45 HRC₂. Зубчатые шайбы с зубцами, изношенными до высоты менее 5 мм, ремонтируют высадкой в специальном приспособлении на пневматическом молоте. С этой целью новую зубчатую шайбу устанавливают в приспособление зубцами вверх, а затем на нее кладут изношенную шайбу зубцами вниз, предварительно нагретую до температуры 830...900°C, так, чтобы зубцы новой шайбы совпали с впадинами изношенной шайбы. Сверху на выступы изношенной шайбы устанавливают оправку. Придерживая приспособление щипцами, ударами молота по торцу оправки или под прессом высаживают зубцы нагретой шайбы до полного профиля. После этого у шайбы зачищают заусеницы, затем нагревают до температуры 810...830°C и закаливают в воде. Изношенные зубцы шайбы могут быть восстановлены также наплавкой электродами. Перед наплавкой шайбу рекомендуются подогреть до температуры 600...650°C. После наплавки зубчатую шайбу нагревают до температуры 800°C,

устанавливают в приспособление, состоящее из пуансона, матрицы и выталкивателя, и ударами молота или прессом восстанавливают первоначальную форму зуба. После ремонта зубчатая поверхность шайбы должна быть чистой, вершины зубьев должны лежать в одной плоскости. Допускается неплоскостность не более 0,5 мм. Зубцы одной шайбы при любом положении должны плотно входить во впадины другой шайбы при их совмещении. У фрикционных предохранительных муфт изнашиваются накладки, которые при ремонте заменяют. Новые накладки приклепывают к дискам полыми медными или латунными заклёпками или приклеивают клеем ВС-10Т по типовой технологии.

Большое влияние на энергетические показатели и качество работы молотковых дробилок оказывает влажность измельчаемого зерна и грубых кормов, перерабатываемых на сенную муку. Эта влажность не должна быть выше 12—15%. При более высокой влажности качество дробленой массы ухудшается, производительность машины падает, и при влажности 20% и выше забиваются дробильный ротор, зарешетная полость, вентилятор, шлюзовой затвор. Общий расход электроэнергии на единицу веса продукта возрастает в среднем на 6% при увеличении влажности зерна на каждый процент сверх 14%.

При эксплуатации дробилок следует учитывать типы барабанов, отличающихся соотношением размеров диаметра и длины. Эти соотношения колеблются в пределах 1,5–1,7 и 4–7 (рис. 3.3.1.12). У барабанов первого типа до 50% массы сосредоточено в пакетах молотков, пальцев и шайб, но эти массы расположены близко от оси вращения барабана. В результате чего осевой момент инерции барабана относительно невелик. В конструктивном отношении эти барабаны характеризуются более высокой металлоемкостью. Достоинством барабанов первого типа является то, что они легче поддаются динамической уравновешенности, так как имеют почти равноосный эллипсоид инерции, по форме близкий к шару. Если же тело имеет равноосный эллипсоид инерции, то оно не требует динамического уравновешивания, ибо в этом случае любая ось симметрии (диаметр) является в то же время и главной осью инерции. Следовательно, для такого тела достаточно обеспечить только статическое уравновешивание. У барабанов второго типа масса молотков с пальцами и шайбами составляет лишь 17–18% от всей массы барабана, но пакеты молотков

удалены от оси вращения на значительное расстояние, в результате чего такие барабаны отличаются большими значениями осевых моментов инерции и маховых моментов. Барабаны второго типа имеют двухосные эллипсоиды инерции, сплюснутые в плоскости вращения. Такие барабаны оказываются менее металлоемкими, но они требуют тщательной балансировки (рис. 3.3.1.13).

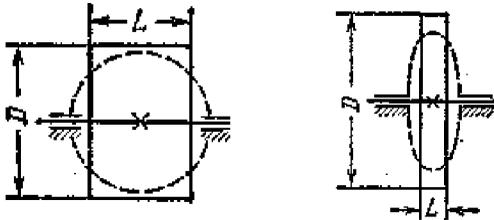


Рисунок 3.3.1.13 Типы барабанов молотковой дробилки

Таблица 3.3.1.4 Характеристика технологических линий дробления

Схема	Обоснование
	Измельчаемый материал в дробильной камере доводится до требуемой степени измельчения, после чего его удаляют. Большое количество пылевидных частиц и энергозатратного циркулята
	Дробильная камера не имеет решета. Переизмельчение и неоднородность материала в силу того, что в дробильную камеру поступает как исходный, так и недоизмельченный продукт, частицы которого имеют нарушенную структуру и разрушаются по-иному, чем исходные куски.
	Исходный и недоизмельченный продукт поступают в дробильную камеру поочередно за счет накопительной емкости рециркулята
	Дает возможность не смешивать исходный и недоизмельченный продукты в дробильной камере за счет разделения дробильной камеры по длине на ряд параллельных секций, а также использования нескольких сепараторов

Для кинетики измельчения вальцовыми станками (рис. 3.3.1.14) значение имеет взаимное расположение рифлей парноработающих вальцов. Из четырех возможных вариантов устанавливают вальцы с рифлями в положения «острие по острию» или «спинка по спинке». В первом случае имеет место наиболее интенсивное воздействие рифлей на зерно (грубый помол), во втором – самое «мягкое». Гладкие вальцы одинаковых диаметров вращаются в одинаковой окружной скорости и подвергают зерно деформации чистого сжатия. Нарезные вальцы имеют также одинаковые диаметры, но вращаются с различными скоростями и подвергают зерно сложной деформации – сжатию и сдвигу. При этом в относительном движении рифли парноработающих вальцов движутся навстречу друг другу, в результате чего в рабочем зазоре и происходит разрушение зерна.

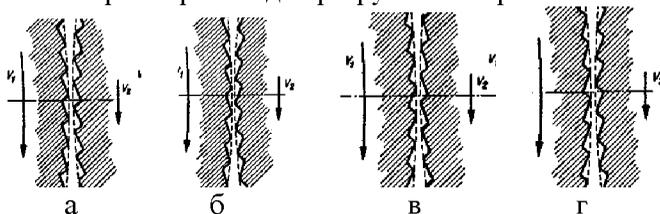


Рисунок 3.3.1.14 Варианты взаимного положения рифлей вальцов:
а – острие на острие; б – острие по спинке; в – спинка по острию; г – спинка по спинке

Вальцовые измельчители хороши лишь там, где измельчается зерно одного вида, так как при переходе на измельчение другого зерна их необходимо перенастраивать (рис. 3.3.1.15).

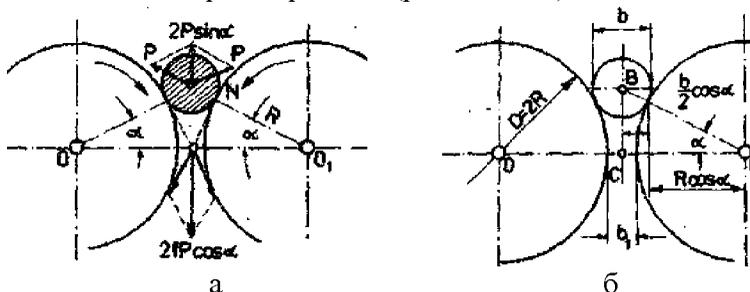


Рисунок 3.3.1.15 Анализ рабочего процесса вальцов:
а – работа вальцов; б – зависимость между параметрами вальцов

Основные зависимости вытекают из системы уравнений

$$\begin{cases} 2fP \cos \alpha > 2P \sin \alpha \rightarrow \operatorname{tg} \varphi > \operatorname{tg} \alpha \\ OO_1 = R \cos \alpha + R \cos \alpha + b = R = R + b_1 \rightarrow R = \frac{b - b_1}{2(1 - \cos \alpha)} \end{cases}$$

Расход барабанных дозаторов регулируется изменением частоты вращения барабана, реже – изменением длины барабана или объема желобов. Производительность ленточных дозаторов можно регулировать изменением скорости ленты или положения шиберной задвижки. Производительность шнековых дозаторов можно регулировать частотой вращения шнека и степенью его заполнения. Производительность тарельчатого дозатора можно регулировать вертикальным изменением высоты слоя, перемещением скребка и изменением частоты вращения тарелки.

Необходимо постоянно наблюдать за работой мешалок в смесителях и запарниках кормов. Спицы лопастей мешалок насажены на приваренные к валу опорные угольники и прикреплены скобами. Под воздействием больших усилий скобы удлиняются, затяжка гаек ослабевает, плотность посадки спиц на вал мешалок нарушается и возникает увеличенный люфт. Обнаруженный люфт необходимо немедленно устранить затяжкой гаек, иначе спица может сорваться с вала и вместе с кормом попасть под соседнюю лопасть, в выгрузной шнек, транспортеры и привести к аварии смесителя. Спицы в каждой машине установлены так, чтобы перемешивание кормов при минимальных расходах мощности было наилучшим. Так, например, в смесителе кормов С-12 винтовая линия лопастей правой мешалки (если смотреть со стороны выгрузного шнека) разорвана на четвертой лопасти. Запрещается менять заводскую расстановку лопастей. При разборке мешалок следует краской маркировать место установки каждой лопасти, а на стенке смесителя отметить взаимное установочное положение двух любых крайних лопастей. Лопасти мешалок снимают, когда надо вынуть валы для ремонта или замены подшипников. Перед этим снимают с вала приводные шестерни и звездочки. Чтобы не нарушить зацепление и приработку зубьев шестерен, на шестернях наносят зубилом или керном метки. Если позволяют размеры помещения кормоцеха, валы лучше вынимать наружу; через отверстия в корпусе смесителя, в которые устанавливают подшипники. В тесном поме-

щении валы вынимают с внутренней стороны смесителя последовательным перемещением вала в направлении, показанном стрелками на рисунке 3.3.1.16.

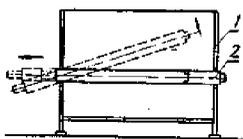


Рисунок 3.3.1.16 Схема выемки валов мешалок смесителей:
1 — корпус смесителя; 2 — вал мешалки

Смесители нормально работают при правильной регулировке приводных шестерен. На ведущей шестерне редуктора смесителей во время работы возникают большие реактивные радиальные усилия R (рис. 3.3.1.17), которые стремятся сдвинуть редуктор с места его установки. В результате резкого увеличения нагрузки при перемешивании кормов и в момент пуска машины усилие R может возрасти настолько, что преодолет затяжку болтов редуктора и редуктор сместится в сторону. При этом зацепление зубьев шестерни редуктора и мешалки нарушится, и зубья могут поломаться. Поэтому надежность затяжки болтов редуктора и его положение следует проверять как можно чаще. Если затяжкой болтов не удастся предотвратить смещение редуктора, на фундаментной плите редуктора рекомендуется приварить специальный упор. Примеры неправильной установки шестерен показаны на рисунке 3.3.1.17.

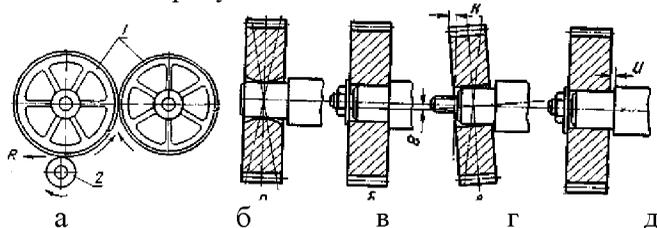


Рисунок 3.3.1.17 Регулировка шестерен смесителей:

а — направление реактивного усилия на ведущей шестерне редуктора (1 — шестерни мешалок смесителей; 2 — ведущая шестерня редуктора); б — большой люфт (шестерня качается на валу); в — установка с эксцентриситетом e ; г — перекос k ; д — шестерня не подходит до упора на величину u

Во избежание излишних гидравлических потерь при движении пара по трубам, его скорость не должна превышать $g_{\text{п}} = 25 \dots 30$ м/с. Отверстия в насадках отверстия должны располагаться равномерно. Суммарная площадь сечения отверстий по трубе должна быть равна площади внутреннего сечения паропровода. Уменьшение суммарной площади отверстий увеличивает время запаривания, а увеличение – усиливает неравномерность прогрева продукта. Прогрев корма идет эффективнее, если вокруг распределительного паропровода образуется слой пара толщиной 30...40 мм. Для этого выполняют зенковку выводных отверстий паропровода под углом 120° (рис. 3.3.1.18).

$$\begin{cases} h = 30 \dots 40 \text{ mm} \\ n = \frac{L}{t} \\ t = 2l + d \\ l = \frac{h}{\text{tg}\alpha} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{2h}{\text{tg}\alpha} + d \\ \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} n z \Rightarrow d^2 L z - D_1^2 d - D_1^2 \frac{2h}{\text{tg}\alpha} = 0 \Rightarrow d = \frac{D_1}{2Lz} (D_1 + \sqrt{D_1^2 + 8Lz \frac{h}{\text{tg}\alpha}}) \\ n = \frac{L}{t} \end{cases}$$

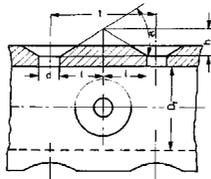
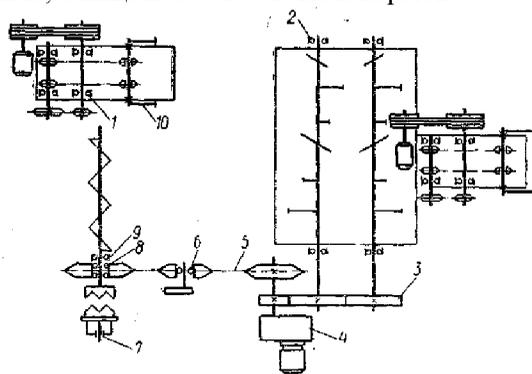


Рисунок 3.3.1.18 Схема парораспределительного трубопровода

При ТО-1 смесителя-запарника типа помимо выявления и устранения неисправностей смазывают детали узлов транспортера согласно схеме (рис. 3.3.1.19) Натяжные винты, подшипники ведущих валов транспортеров, подшипники мешалок, подшипники натяжной звездочки, полумуфты и привода шнека, зубья зубчатых колес смазывают солидолом. Цепь приводную и шлицы вала привода шнека смазывают легом автотракторным маслом. Это же масло добавляется по мере необходимости и в приводную станцию. Подшипники электродвигателя смазывают универсальной тугоплавкой, водостойкой смазкой. Механизм открытия выгрузной клиновой задвижки (рис. 3.3.1.186) осуществляется от электропривода (1) мощностью 0,6 кВт с цилиндрической и винтовой передачами. Шток, связанный с электроприводом, поднимает и опускает задвижку. Для выгрузки кормов из сме-

сителя кнопочной станцией включают реверсивный электропривод задвижки. Его шток перемещает задвижку вверх, и выгрузная горловина открывается. Одновременно копир (3) (рис. 3.3.1.186) освобождает рычаг среднего конечного выключателя, тем самым включается электродвигатель основного привода. Рычаг (2), связанный с копиром, освобождается, трос (6) опускается, высвобождая пружину кулачковой полумуфты, которая своим усилием вводит в зацепление кулачки обеих полумуфт. При опускании задвижки с помощью электропривода трос натягивается и через рычажную вилку кулачковое соединение размыкается. Зазор между вершинами кулачков полумуфт в выключенном положении должен быть равен 48 мм. Его регулируют упорным винтом, установленным на опоре рычажной вилки. Необходимо постоянно следить за регулировкой и работой системы включения — выключения выгрузного шнека смесителей и открывания выгрузной горловины. Наиболее частой причиной остановки и поломки системы включения и исполнительного механизма является засорение пазов клиновой задвижки и отверстия выгрузной горловины. Если пазы и отверстие засорены остатками кормов (особенно длинностебельной соломой или кукурузой), то при опускании клиновая задвижка не может прочистить направляющие пазы, перекашивается, заклинивается и останавливается, не дойдя до нижнего положения, при котором срабатывает конечный выключатель. Не выключившись, исполнительный механизм продолжает работать, шток идет вниз и механизм ломается. Поэтому после каждой выгрузки кормов необходимо осматривать выгрузную горловину и, если необходимо, очищать ее от остатков кормов.



а

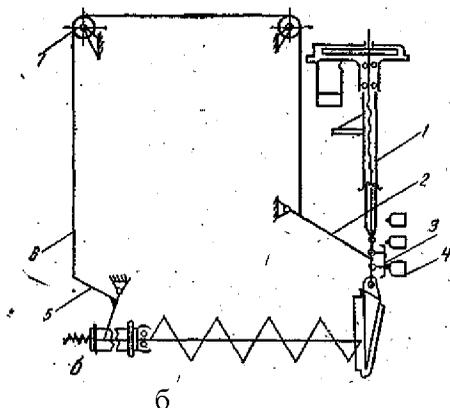


Рисунок 3.3.1.19 Смеситель-запарник:

a – схема смазки (1, 2, 6, 8, 9 – подшипники; 3 – зубья зубчатых колес; 4 – приводная станция; 5 – цепь приводная; 7 – шлицы вала привода шнека; 10 – натяжные винты); *б* – система управления задвижкой (1 – электродвигатель; 2 – рычаг; 3 – котир; 4 – конечный выключатель; 5 – вилка; 6 – трос; 7 – обводные ролики)

Продолжительность межремонтного цикла для электротехнического оборудования приведена в таблице 3.3.1.15.

Таблица 3.3.1.15 Продолжительность межремонтных циклов для электротехнического оборудования при двухсменной работе

Оборудование	Продолжительность в месяцах		
	между ТО-2	между текущими ремонтами	межремонтного цикла
Электродвигатели переменного тока:			
открытого и защищенного исполнения	1	4	60
закрытого исполнения	2	6	96
Щиты, пульты управления, электрошкафы	2	8	120
Внутрищитовая электросеть	3	6	144
Кабельные электросети	3	12	168
Сети заземления	3	12	—
Осветительная арматура	6	12	—

3.3.2 Раздатчики кормов

Основными ремонтными операциями, касающихся кормораздатчиков, являются регулировка натяжения и смазка приводных цепей и зубчатых зацеплений, восстановление рабочих элементов. Перед началом работы транспортера типа ТВК необходимо проверить: отсутствие посторонних предметов (особенно в зоне нижней ветви), очистить от грязи и остатков корма приводную станцию, состояние и натяжение цепей привода и транспортера, правильность натяжения цепей. При необходимости подтянуть цепи натяжными винтами. Приводную цепь регулируют перестановкой натяжной звездочки. Стрела прогиба правильно натянутой приводной цепи не должна превышать 22—25 мм. Если перестановкой звездочки невозможно добиться нормального натяжения, то излишнее провисание устраняют удалением звеньев. Отрегулировать цепь транспортера необходимо с помощью натяжной станции. При нормальном натяжении цепи нижняя (нерабочая) ветвь должна касаться опорных досок (направляющих) на расстоянии 4—5 м от оси ведущей звездочки (рис. 3.3.2.1а). При слабом натяжении цепи слышен характерный стук ее по направляющим. При сильной вытяжке из цепи удаляют парное количество звеньев. Рассоединяют и соединяют цепи с помощью специального приспособления (рис. 3.3.2.1б). Для выполнения этой операции на расстоянии 0,5 м от приводного вала просверливают отверстие диаметром 14 мм для скобы и с его помощью крепят цепи транспортера к кормушке. 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.

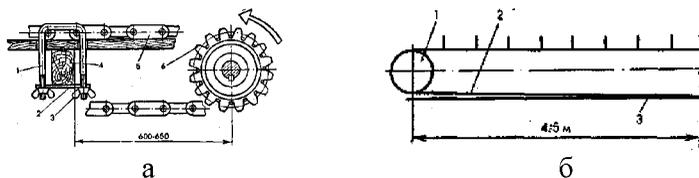


Рисунок 3.3.2.1 Транспортер ТВК-80А:

а — проверка натяжения цепи (1 — натяжная звездочка; 2 — тяговая цепь; 3 — направляющая); *б* — стопорение цепи (1 — скоба; 2 — пластина; 3 — барашек; 4 — брус; 5 — цепь тяговая; 6 — звездочка ведущая)

При ТО-1 смазывают детали узлов транспортера согласно схеме (рис. 3.3.2.2). Натяжной винт, подшипники ведомой звездочки, промежуточного вала и ось натяжной звездочки смазывают солидолом УСс-1. Цепь приводную смазывают летом смазкой АК-15; зимой – АКп-10. Редуктор добавляют масло индустриальное 45 (масло машинное С), или масло индустриальное 50 (масло машинное СУ). Подшипники электродвигателя смазывают универсальной тугоплавкой, водостойкой смазкой. При ТО-2 снимают и разбирают цепь транспортера. Проверяют износ цепей (не реже одного раза в течение полугода). Проверяют износ звездочек приводной и натяжной станций. При износе зубьев звездочки следует повернуть на 180° и поменять контакт цепи с зубьями. Снимают со звездочек приводную втулочно-роликовую цепь, промывают ее в дизельном топливе, смазывают отработанным маслом, после чего устанавливают на место.

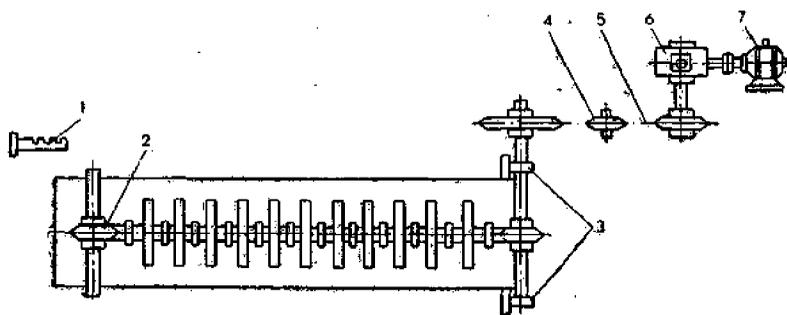


Рисунок 3.3.2.2 Схема смазки транспортера ТВК-80А:

1 — натяжной винт; 2 — подшипники ведомой звездочки; 3 — подшипники промежуточного вала; 4 — ось натяжной звездочки; 5 — цепь приводная; 6 — редуктор; 7 — подшипники электродвигателя

При ТО-1 раздатчика РС-5А смазывают детали узлов транспортера согласно схеме (рис. 3.3.2.3). Подшипники ходовых колес, звездочки привода колес раздаточных шнеков, шнека, раздаточных шнеков и вала мешалки смазывают солидолом УСс-1. Цепи смазывают летом автотракторным маслом АК-15; зимой – АКп-10. Это же масло добавляется по мере необходимости и в конический и червячный редукторы. Подшипники электродвигателя смазывают универсальной тугоплавкой, водостойкой смазкой.

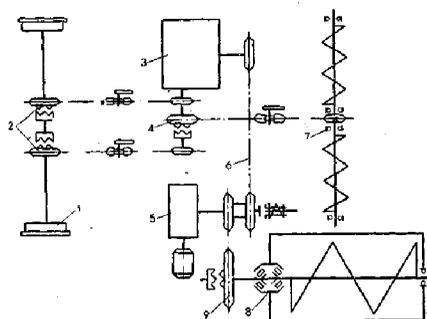


Рисунок 3.3.2.3 Схема смазки раздатчика-смесителя РС-5А:

1 — подшипники ходовых колес; 2 — звездочки привода колес раздаточных шнеков; 3 — редуктор конический; 4 — подшипники привода раздаточных шнеков; 5 — редуктор червячный; 6 — приводные цепи; 7 — звездочки привода раздаточных шнеков; 8 — звездочки привода вала мешалки; 9 — звездочки привода вала мешалки

Надежность агрегата ИСРК-12 (аналога итальянской модели) подтверждена многолетней практикой эксплуатации на фермах стран Западной Европы и Америки. Текущее техническое обслуживание не требует сложных операций. Достаточно осуществлять периодическую смазку подшипников и приводных цепей, следить за уровнем масла в редукторе и гидросистеме (при необходимости доливать).

В процессе эксплуатации кормораздатчиков следует систематически наблюдать за техническим состоянием цепных передач. Натяжение приводных цепей считается нормальным, если при нажатии на них с усилием 80—100 Н прогиб будет не больше 10 мм. В кормоприготовительных машинах применяют главным образом втулочно-роликовые цепи. Обычно они открыты и не защищены от пыли и грязи. Цепи скребковых транспортеров к тому же засоряются мелкими частицами перемещаемого корма. Смешиваясь с влагой корма, парами, водой, эти засорения образуют абразивную массу, которая, попадая в шарниры цепи, ускоряет износ трущихся поверхностей роликов и валиков. Периодическая смазка отрицательно влияет на срок службы цепей, так как смесь масла с пылью, грязью и кормом образует устойчивую абразивную пасту. Во время работы цепных передач изнашиваются зубья звездочек, валики и втулки цепи, шпоночные пазы

валов. Наблюдается также ослабление посадки ступиц звездочек на валу. Цепь работает хорошо, когда валы установлены без перекосов, звездочки не смещены одна относительно другой, а цепь натянута правильно. Чрезмерное натяжение цепи увеличивает износ шарниров, зубьев звездочек и подшипников. При небольшом ослаблении цепи звенья располагаются на зубьях звездочки так, что уменьшается износ их рабочих поверхностей. После пуска новой машины цепь удлиняется вследствие приработки рабочих поверхностей шарниров. По окончании приработки цепь подтягивается и в дальнейшем ее удлинение зависит только от износа шарниров. Для передач с углом наклона к горизонту до 30° стрела провисания цепи не должна превышать 2% межцентрового расстояния; при угле наклона более 30° — от 2 до 0,6% межцентрового расстояния (меньшее значение относится к вертикально расположенным цепным передачам). Величину провисания цепи регулируют натяжным устройством. При большом износе и вытягивании цепь укорачивают, удалив одно-два звена. При большом износе цепной передачи и транспортерных лент, когда шаг цепи превышает допустимую величину, цепь заменяют новой.

Техническое обслуживание редукторов сводится главным образом к контролю качества смазки и регулировке зацепления шестерен после разборки и сборки. В редукторах кормоприготовительных машин применяют картерный непроточный способ смазки, при котором масло заливают внутрь корпуса редуктора до уровня, ограниченного маслоуказателем. Главное требование правильной смазки редуктора — выполнение требований завода-изготовителя или рекомендаций карты смазки машины. Для облегчения работы в эксплуатационных условиях редукторы целесообразно объединять в группы, для которых можно применить одинаковый сорт масла и заменять масло в одно и то же время. В техническое обслуживание редукторов входят наружный осмотр, разборка, измерение зазоров, промывка, замена изношенных деталей, сборка и обкатка. При наружном осмотре редуктора проверяют, нет ли механических повреждений, утечки масла, надежность крепления к фундаменту машины, состояние крепежных болтов и окраски. После этого снимают крышку редуктора и щупом измеряют боковые и радиальные зазоры шестерен, верхние, торцевые и боковые зазоры в подшипниках, проверяют зацепление шестерен. Износ зубьев шестерен определяют по величине бокового зазора a (рис.

3.3.2.4) между зубьями и величине радиального зазора v . Боковой зазор, образующийся между нерабочими поверхностями зубьев, определяют щупом или при помощи узкой пластинки свинца, раскатываемой между зубьями. Толщину раскатанной пластинки измеряют микрометром. Если зазоры в зацеплениях шестерен, в подшипниках и между узлами редуктора превышают допустимые, редуктор следует сдать в ремонтную мастерскую.

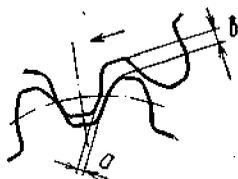


Рисунок 3.3.2.4 Боковой и радиальный зазоры зубчатых передач.

Зацепление зубчатых передач проверяют по контакту рабочих поверхностей зубьев (рис. 3.3.2.5). Для этого шестерню покрывают тонким слоем краски и проворачивают несколько раз так, чтобы на зубьях колес получились ясные отпечатки. Чем равномернее и на большем участке зуба располагается пятно, тем лучше работает передача. У шестерен редукторов, работающих с реверсом, зацепление проверяют с двух сторон. В случае неправильного контакта зуб изнашивается значительно быстрее, а при перегрузке ломается. Поэтому если положение пятна контакта неправильное, то зацепление зубчатых передач регулируют установкой валов, притиркой зубьев или пришабриванием с последующей притиркой. Эту работу следует выполнять в мастерских. После замера зазоров и уточнения технического состояния определяют необходимость в ремонте. Если ремонт не нужен, редуктор разбирают для промывки. Перед разборкой на всех деталях керном или острым зубилом наносят небольшие метки, чтобы сохранить регулировку, при которой редуктор работал до разборки. Шестерни вместе с валом и подшипниками вынимают из картера и укладывают на деревянные козлы или верстак, укрытый чистыми тряпками. Внутреннюю полость редуктора промывают керосином, а детали редуктора и подшипники — бензином, меняют уплотнения и мягкие прокладки. Поверхности разъема, на которых не преду-

смотрены уплотнительные прокладки, должны быть промыты уайт-спиритом и покрыты тонким слоем спиртового лака.

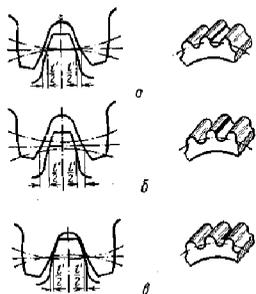


Рисунок 3.3.2.5 Пятна контакта на зубьях цилиндрических шестерен: *а* — правильное; *б* — межцентровое расстояние больше нормального; *в* — межцентровое расстояние меньше нормального

Важным при монтаже зубчатых колес в корпус является определение бокового зазора в передаче, которое осуществляют щупом или индикатором (рис. 3.3.2.6а). К валу одного из зубчатых колес крепят поводок (2), который упирается в ножку индикатора (1), установленного на корпус передачи. Поводок с валом и зубчатым колесом поворачивают, удерживая от поворота второе колесо зацепления. Так как второе колесо неподвижно, то первое может быть повернуто только на величину, соответствующую боковому зазору. По отклонению стрелки индикатора, приведенному к радиусу начальной окружности зубчатого колеса, определяют номинальное значение бокового зазора: $C_n = CR/L$, где C — показание индикатора; R — радиус начальной окружности проверяемого колеса; L — расстояние от оси вала до ножки индикатора. Если в зубчатой передаче применяют колеса, модуль зубьев которых превышает 6 мм, то боковой зазор будет составлять 0,4...0,5 мм. В этом случае его определяют, три-четыре раза прокатывая между разными зубьями сопрягаемых колес свинцовую проволоку, длина которой должна быть равна длине зуба. Толщину проволоки после прокатывания проверяют с помощью микрометра.

Если требуется определить боковой зазор в передаче, доступ к зубчатым колесам которой затруднен (рис. 3.3.2.6б), то на валу редуктора устанавливают крестовину (4), а к корпусу с помощью хомутка (9), положение которого фиксируют винтом (3), крепят стойку

(8) с индикатором (7). Плоскость крестовины упирается в ножку индикатора с силой, соответствующей одному-двум оборотам стрелки. Покачивая крестовину с помощью рукоятки (5), снимают показания индикатора (при этом вал со вторым зубчатым колесом должен быть неподвижен). Индикатор в заданном положении фиксируют винтом 6. По полученным данным определяют номинальное числовое значение бокового зазора: $C_n = CR_z/R_k$ (где C — показание индикатора (абсолютное значение перемещения стрелки; R_z — радиус начальной окружности зубчатого колеса; R_k — радиус крестовины, на котором была установлена ножка индикатора).

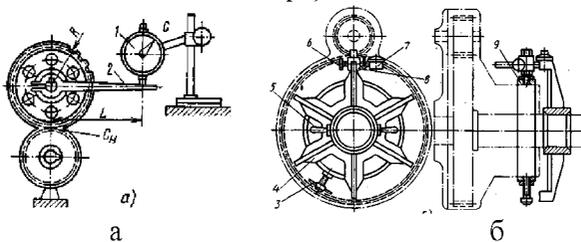


Рисунок 3.3.2.6 Измерения бокового зазора в цилиндрической зубчатой передаче при открытом (а) и закрытом (б) доступе к ней:

1, 7 — индикаторы, 2 — поводок, 3, 6 — винты, 4 — крестовина, 5 — рукоятка, 8 — стойка, 9 — хомутик

Качество зацепления собранной зубчатой передачи проверяют с помощью краски. Зубья меньшего колеса покрывают тонким слоем краски и поворачивают передачу на один оборот. После этого по отпечаткам на сопряженном зубчатом колесе судят о качестве сборки, сравнивая полученные отпечатки с установленными нормами. Обычно для передач средней точности отпечатки краски на сопряженном зубчатом колесе должны располагаться в средней части боковой поверхности зуба и занимать площадь, составляющую 50...60% высоты и не менее 70% длины зуба (рис. 3.3.2.7а). Если пятно контакта неправильно расположено на поверхности зуба или его площадь не соответствует изложенным выше требованиям, это свидетельствует о некачественной сборке передачи. В зависимости от расположения пятна контакта можно установить соответствующие дефекты сборки цилиндрической зубчатой передачи. Пятно контакта расположено с

одной стороны зуба (рис. 3.3.2.7б). 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° то перекошена ось отверстий в корпусе; в этом случае необходимо разобрать передачу, расточить заново отверстия и запрессовать в них втулки. Пятно контакта расположено в верхней части зуба (рис. 3.3.2.7в). Причиной этого может быть слишком большой радиальный зазор, а также несоответствие межосевого расстояния под подшипники в корпусе установленному чертежом. Передачу необходимо разобрать, расточить отверстия и запрессовать втулки. Пятно контакта расположено у ножки зуба (рис. 3.3.2.7г). Это свидетельствует о недостаточном радиальном зазоре в результате несоответствия толщины зуба техническим требованиям. В этом случае требуется замена одного или обоих зубчатых колес.



Рисунок 3.3.2.7 Расположение пятен контакта при качественной (а) и некачественной (б–г) сборке цилиндрической передачи.

Технологический процесс сборки конической зубчатой передачи предусматривает выполнение следующих работ: установку и закрепление зубчатых колес на валах; установку валов с зубчатыми колесами в корпус; регулирование зубчатого зацепления с целью обеспечения плавности его работы. Зубчатые колеса конической передачи устанавливаются на вал в той же последовательности, что и зубчатые колеса цилиндрической передачи, пользуясь теми же способами. Правильность установки на валу конического зубчатого колеса и наличие радиального биения определяют по расположению пятен контакта (рис. 3.3.2.8а–г), вводя коническое зубчатое колесо в контакт с другим таким же колесом, которое принято называть эталонным. Прежде чем приступить к установке валов с зубчатыми колесами в корпус, необходимо проверить расположение в нем отверстий под валы. Проверку эту осуществляют с помощью калибров (1) и (2), которые центрируют в отверстиях корпуса (рис. 3.3.2.8а). Если оси отверстий вза-

имно перпендикулярны, калибр (1) свободно входит в отверстие калибра (2). Для контроля перпендикулярности осей используют и другой способ (рис. 3.3.2.8б). Оси отверстий можно считать взаимно перпендикулярными, если лапка калибра (1) плотно, без просветов, по всей длине прилегает к образующей калибра (2). Перпендикулярность осей проверяют также оправками со срезанными до оси концами (оси взаимно перпендикулярны и лежат в одной плоскости, если срезанные половины концов оправок плотно прилегают друг к другу; зазор между ними контролируют щупом).

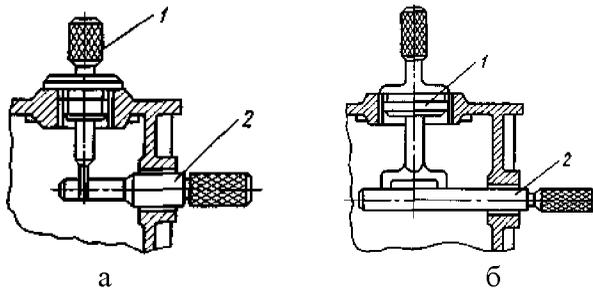


Рисунок 3.3.2.8 Способы контроля расположения осей отверстий в корпусе редуктора конической зубчатой передачи калибрами:
а – с отверстием (1, 2 — калибры), *б* – с лапкой

Для того чтобы обеспечить нормальную работу зубчатых колес конической зубчатой передачи, необходимо отрегулировать боковой зазор между зубьями колес до заданного значения. Допускаемый размер бокового зазора задается в рабочих чертежах либо в технологической карте на сборку передачи. Для передач средней точности боковой зазор колеблется от 0,08 до 0,2 мм. Если конструкция передачи позволяет, т. е. доступ к колесам свободен, боковой зазор проверяют щупом. При больших (свыше 10 мм) модулях колес передачи зазор проверяют с помощью свинцовых проволочек так же, как это делают при контроле бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах.

Боковые зазоры в передачах повышенной точности проверяют с помощью индикатора. Стойку последнего закрепляют на корпусе, а его ножку вводят в контакт с одним из зубьев зубчатого колеса (второе зубчатое колесо закрепляют). Покачивая колесо, по отклонению стрелки индикатора определяют числовое значение бокового зазора

так же, как это делают при контроле бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах. В конических передачах, доступ к которым затруднен, боковой зазор проверяют так же, как и в аналогичных цилиндрических зубчатых передачах. При сборке конических зубчатых передач боковой зазор можно регулировать, смещая зубчатое колесо вдоль оси: при смещении колеса к вершине условного конуса зазор будет уменьшаться, а при его смещении в другую сторону — увеличиваться.

Регулирование колес в осевом направлении можно осуществлять с помощью стальных или латунных прокладок, которые помещают между ступицей зубчатого колеса и заплечиками вала. Вместо прокладок можно применять регулировочные кольца. Если вал установлен в регулируемых радиально-упорных подшипниках, положение колеса регулируют, перемещая его вместе с валом. Для того 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).

Важной операцией для зубчатого зацепления при сборке является правильность зацепления, которую определяют по пятну контакта (рис. 3.3.2.9). 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. По образовавшимся пятнам контакта судят о характере зацепления зубчатых колес (табл. 3.3.2.1).

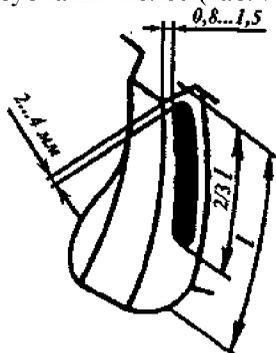


Рисунок 3.3.2.9 Правильное положение пятна контакта на зубе

После того как в конической передаче отрегулирован боковой зазор, качество сборки проверяют на краску. Для этого тонкий слой краски наносят на два зуба каждого из колес передачи, причем зубья стараются выбрать так, чтобы между ними было возможно большее число чистых зубьев. После нанесения краски зубчатые колеса поворачивают в направлении работы передачи и по отпечаткам краски (пятнам контакта) судят о качестве сборки передачи. В конической зубчатой передаче колеса входят в контакт не по всей длине зуба, а только по той его части, которая и расположена ближе либо к толстому, либо к тонкому его концу. Для нормальной работы передачи положение колес целесообразно регулировать таким образом, чтобы зона контакта находилась ближе к тонким концам зубьев, так как эта сторона легче поддается деформирующим нагрузкам и зубья быстрее прирабатываются.

Таблица 3.3.2.1 Регулировки зацепления конических колес

Положения пятна контакта на зубьях ведомого зубчатого колеса		Способ исправления	Направление перемещения шестерни или зубчатого колеса (стрелкой – обязательное, пунктиром – 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	

Сборка червячных передач в большинстве случаев начинается с установки (напрессовки) зубчатого венца на ступицу в холодном или горячем состоянии. Затем сверлят отверстия и нарезают в них резьбу под болты или стопоры, которые после ввинчивания в отверстия раскернивают с целью предотвращения их самоотвинчивания. Крепление зубчатых венцов на ступицу с помощью болтов осуществляют так же, как и крепление болтами зубчатых венцов цилиндрических зубчатых колес.

После установки стопоров червячное колесо проверяют на радиальное биение. Установка червячного колеса на вал и его проверка производятся так же, как и при монтаже на вал цилиндрических зубчатых колес. При сборке червячной передачи обеспечивают правильное зацепление червяка и червячного колеса. Для этого необходимо, чтобы угол скрещивания их осей и межцентровое расстояние соответствовали требованиям чертежа.

Средняя плоскость червячного колеса должна совпадать с осью червяка, а боковой зазор в зацеплении — соответствовать техническим требованиям. Поэтому, прежде чем приступить к установке червяка и червячного колеса в корпус, необходимо проверить межосевое расстояние отверстий под их установку и взаимное расположение осей этих отверстий. Межосевое расстояние проверяют с помощью специальных, устанавливаемых в корпус оправок (1) и (2) (рис. 3.3.2.10а). Микрометрическим нутромером (3) измеряют расстояние между оправками: $A = H + (D + d)/2$. Проверку угла скрещивания осей осуществляют следующим образом (рис. 3.3.2.10б). Вместо вала червячного колеса и червяка в корпус устанавливают оправки (1) и (2), на одну из которых надевают рычаг (4) с индикатором (5). Рычаг устанавливают так, чтобы ножка индикатора могла касаться точек т и п на поверхности оправки (1), выступающей из корпуса с противоположных сторон. Если показания индикатора в этих точках одинаковы, это свидетельствует о том, что валы скрещиваются под углом 90° . При установке червячного колеса на вал на призматической шпонке ступицу колеса зажимают распорными втулками или крепят с обеих сторон гайками. В первом случае регулирование осевого положения осуществляется с помощью компенсаторных колец различной толщины, а во втором — смещением гаек в осевом направлении. Для того чтобы собранную передачу проверить на совмещение средней

плоскости червячного колеса с осью червяка, проводят контроль на краску. На поверхность зубьев червяка наносят краску и после его поворота по отпечаткам на зубьях червячного колеса судят о взаимном расположении червяка и колеса. При правильно собранной передаче краска должна покрыть не менее 50...60 % поверхности каждого зуба колеса (рис. 3.3.2.10в). Если средняя плоскость колеса смещена относительно оси червяка, пятно контакта расположится так, как это показано на рис. 3.3.2.10г-д.

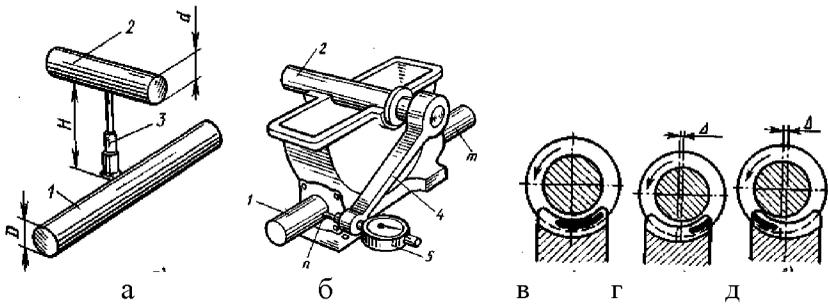


Рисунок 3.3.2.10 Контроль параметров червячного редуктора:

а — межосевого расстояния (1, 2 — специальные оправки, 3 — микрометрический нутромер), б — угла скрещивания осей (4 — рычаг, 5 — индикатор); в-д — расположения пятен контакта (в — при правильном зацеплении, г — при смещении оси передачи вправо, д — при смещении оси передачи влево)

Определяют боковой зазор в зацеплении червяка и червячного колеса (рис. 3.3.2.11а), поворачивая червяк (рис. 3.3.2.11б). На выступающих концах вала червяка и червячного колеса крепят рычаги (1) и (2), которые касаются индикаторов (3) и (4). Отмечая положение стрелки индикатора (4), поворачивают вал червяка до тех пор, пока не начнет вращаться вал колеса; начало его вращения устанавливают по отклонению стрелки индикатора (3). По показаниям индикатора (4) (в угловых секундах) определяют угол поворота червяка. Боковой зазор вычисляют по формуле $C_n = \varphi \frac{L}{3600}$, где φ — значение угла поворота червяка по показанию индикатора; L — расстояние от оси червяка до ножки индикатора.

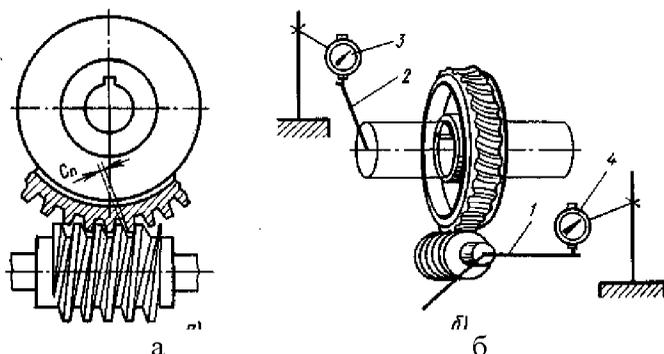


Рисунок 3.3.2.11 Червячная передача:

а – зазор; б – схема контроля (1, 2 — рычаги, 3, 4 — индикаторы)

В любой машине свыше 60% деталей имеют резьбу. В кормораздатчиках применяют резьбовые соединения с размерами резьб М5...М30, чаще всего М6...М16. При эксплуатации машин резьба изнашивается, витки сминаются, деформируются и срываются. Износ резьбовых соединений проявляется в следующем: изменяется профиль резьбы по среднему диаметру, что приводит к увеличению зазора в соединении (наблюдается у часто отвертываемых винтов и болтов); сминаются под действием нагрузок рабочие поверхности профиля резьбы; удлиняется под действием осевых рабочих нагрузок и усилий затяжки стержень болта; изменяется шаг резьбы. Значительную проблему при ремонте резьбовых соединений составляет извлечение обломков крепежных деталей. Существует следующие способы извлечения:

1) керн или тонкий бородок приставляют концом к верхней части обломка. Им придают наклон в направлении, противоположном заходу резьбы. Затем постукиванием молотком по керну или бородку вывинчивают обломок. Перед этим в резьбовое отверстие следует закапать масло;

2) в обломке засверливают отверстие, в которое ввертывают бор (рис. 3.3.2.12а), с помощью которого (вращением) удаляют обломок;

3) в обломке винта или шпильки высверливают отверстие, диаметр которого меньше, чем диаметр шпильки или винта, и забивают в него рифленый закаленный стержень - экстрактор (рис. 3.3.2.12б), поворотом которого удаляют обломок из резьбового отверстия;

4) в обломке электроискровым способом выполняют квадратное отверстие, в которое устанавливают специальный ключ и посредством его вывертывают обломок;

5) к сломанному винту приваривают электрод и вывинчивают обломок;

6) если базовая деталь изготовлена из алюминия, то для удаления обломка можно применять метод травления азотной кислотой, с которой алюминий взаимодействует слабо;

7) если шпилька сломалась заподлицо с плоскостью, то ее можно высверлить. Перед высверливанием обрабатывается торец шпильки и точно по ее центру производится кернение (рис. 3.3.2.12).

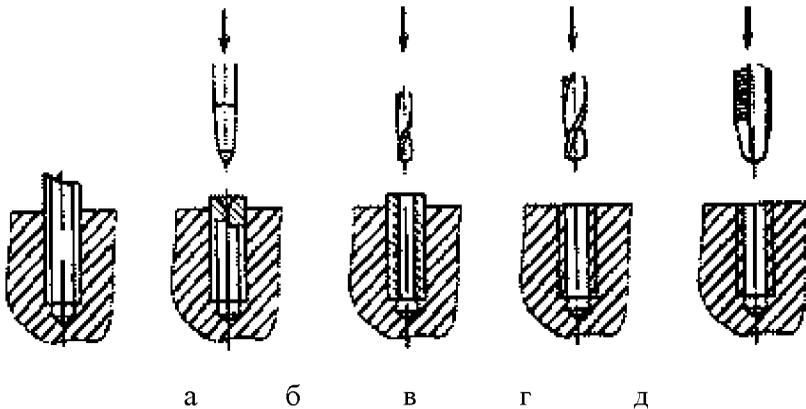


Рисунок 3.3.2.12 Схема высверливания обломанной шпильки (болта): *а - исходное состояние; б - обработка торца и кернение центра; в - сверление сверлом малого диаметра; г - сверление сверлом под внутренний диаметр резьбы; д - нарезание (правка) резьбы метчиком*

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. При высверливании следует соблюдать осторожность, чтобы не перекосить сверло.

Несмотря на ту ответственную роль, которую играют резьбовые соединения в работе машин, и технические условия на их дефектовку, выбраковку наружных резьб часто производят при внешнем осмотре.

Выбраковочными признаками являются видимые дефекты: срез, смятие или механические повреждения витков, полученные при разборке резьбового соединения. Однако при внешнем осмотре нельзя установить такие важные параметры, как величину и характер изменения профиля резьбы. Практика показывает, что при дефектовке внешним осмотром резьба признается годной всегда, если износ витков не превышает 15...20%, а на резьбе нет механических повреждений (рис. 3.3.2.13). При этом искажение профиля резьбы не оценивают.

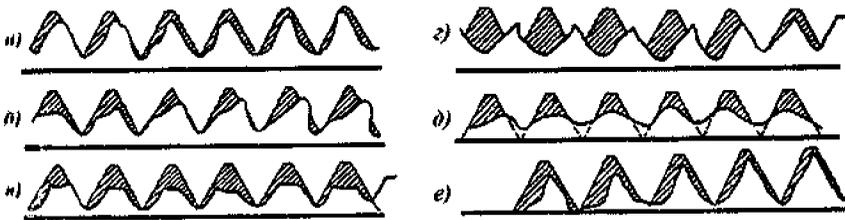


Рисунок 3.3.2.13 Основные дефекты резьбы:

а – естественный износ; б – наклон витков; в – срез вершин; г – изменение шага; д – смятие витков; е – неравномерный износ

Иногда конец детали с изношенной резьбой отрезают, изготавливают новую часть детали, которую свертывают или сваривают с оставшейся частью. Затем нарезают резьбу номинального размера. При большом диаметре резьбы иногда ее не отрезают, а обтачивают, затем напрессовывают кольцо и нарезают резьбу номинального размера. Этот способ трудоемкий, и поэтому его применяют для восстановления резьбы на крупных дорогих валах, когда другие способы нельзя применить (например, изношена резьба ремонтного размера, а наплавить ее нет возможности).

Внутреннюю резьбу восстанавливают чаще всего в корпусных и других базисных деталях, изготовленных из чугуна и алюминиевых сплавов. При этом независимо от материала деталей характер износа резьбовых отверстий одинаков: наибольший износ и срывы имеют первые два-три витка резьбы, остальные витки изнашиваются значительно меньше. Это объясняется различной нагрузкой на витки резьбового соединения: первый виток нагружен в пять-шесть раз больше последнего.

Внутреннюю резьбу восстанавливают следующими способами: нарезанием резьбы ремонтного размера; нарезанием резьбы номинального размера на новом месте; заваркой отверстия и последующим сверлением и нарезанием резьбы номинального размера; с применением полимерных композиций; постановкой резьбовой пробки (ввертыша); установкой резьбовой спиральной вставки; установкой тонкостенной резьбовой втулки.

При ремонте резьбовых соединений часто взамен старой изготавливают новую шпильку с уступом и резьбой двух диаметров (рис. 3.3.2.14а): большего - для завинчивания шпильки в одну из соединяемых деталей и меньшего - для соединения со второй и стягивания их гайкой.

При ремонте резьбовых отверстий в деталях различного служебного назначения рационально восстанавливать первоначальную (номинальную) резьбу: существующее (изношенное) резьбовое отверстие рассверливают, нарезают новую резьбу, затем изготавливают переходную втулку (с наружной и внутренней резьбой, рассчитанной на нормальный винт), далее ее устанавливают заподлицо с плоскостью детали и стопорят винтом (рис. 3.3.2.14б). Переходную втулку изготавливают толстостенной и устанавливают на эпоксидный клей.

Для этого (рис. 3.3.2.14в) резьбу в корпусе, а также на переходной втулке обезжиривают, наносят на сопряженные поверхности клей и затем ввинчивают втулку в деталь заподлицо. После затвердевания и эпоксидного клея образуется надежное соединение. В ряде случаев изношенное резьбовое отверстие в детали заглушают или заваривают, сверлят рядом другое отверстие и нарезают в нем резьбу заданного диаметра. Новое отверстие просверливают и во второй соединяемой детали.

Для ремонта резьбовых отверстий разработали и применяют способ установки резьбовых спиральных вставок. Вставку изготавливают в виде пружинящей спирали из нержавеющей проволоки Х18М10Т ромбического сечения с острым углом 60° (рис. 3.3.2.14). Наружная и внутренняя поверхности вставки представляют собой метрическую резьбу разных размеров (М10 и М8, М12 и М10 и т.д.). На одном конце вставки размещен технологический поводок с насечкой, с помощью которого специальным ключом вставку ввертывают в отверстие. Затем этот поводок удаляют специальным бородком.

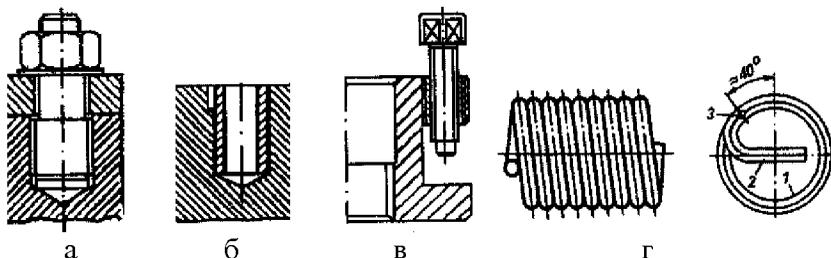


Рисунок 3.3.2.14 Схемы ремонта резьбовых соединений:

а - новая шпилька с уступом двух диаметров; б - втулка с наружной и внутренней резьбой; в — втулка на клею; г - спиральная вставка (1 - спираль; 2 - поводок технологический; 3 - прорезь (надрез))

Так как наружный диаметр спиральной вставки больше наружного диаметра резьбы отверстия - это обеспечивает плотное сопряжение вставки с витками восстанавливаемой резьбы после заворачивания вставки в резьбовое отверстие и, следовательно, необходимую прочность восстановленной резьбы. Длина спиральной вставки должна быть равна глубине резьбовой части восстанавливаемого резьбового отверстия.

Деталь, подлежащую восстановлению, промывают в моющих растворах. Резьбовые отверстия продувают сжатым воздухом и дефектуют. После дефектации производят рассверливание восстанавливаемых резьбовых отверстий на радиально-сверлильных станках. Рассверливание выполняют при скорости резанья 30 м/мин и частоте вращения шпинделя 400...500 оборотов в минуту. При необходимости сверление производят по кондуктору. В глухих отверстиях глубина сверления отверстий должна соответствовать глубине существующего отверстия. Смещение осей отверстий не должно превышать 0,15 мм. Перекос осей отверстий более 0,15 мм на длине 100 мм не допускается. После рассверливания на отверстиях выполняют фаску $1 \times 45^\circ$ зенкерами соответствующих размеров. Резьбы в рассверленных отверстиях нарезают соответствующими машинно-ручными метчиками при скорости резанья 4...5 м/мин и частоте вращения 60...80 оборотов в минуту. Резьбу в отверстии нарезают с тем же шагом и на ту же глубину, которые были до рассверливания. При этом заходной виток должен иметь нормальный заход. Сорванные нитки в резьбовом от-

верстии не допускаются. Смещение резьбовых отверстий не должно превышать 0,15 мм.

Для завинчивания резьбовой вставки служит вороток 1 (рис. 3.3.2.15), изготовленный для каждого конкретного размера резьбы. На торце воротка имеется паз 4, необходимый для захвата технологического поводка 3 при заворачивании спиральной вставки в резьбовое отверстие (см. рис. 3.3.2.15). Вороток помещается во внутреннюю полость вставки таким образом, чтобы и изогнутая часть вставки вошла в паз на воротке. Затем вставку вводят в резьбовое отверстие, вороток вращают с целью завинчивания вставки в резьбовое отверстие (2). Вставка заворачивается до тех пор, пока последний виток вставки не сравняется с наружной поверхностью детали. После этого вороток удаляют и во внутреннюю полость вставки устанавливают пробойник соответствующего размера. По пробойнику наносят резкий несильный удар, под действием которого происходит отделение поводка от вставки по месту надреза (см. рис. 3.3.2.15).

Для ремонта резьбовых отверстий спиральными вставками разработан комплект инструмента и оснастки ОР-5526-ГОСНИТИ. В последнее время для восстановления внутренней резьбы диаметром М4...М18 и длиной от 6 до 27 мм используется специальная тонкостенная резьбовая вставка. Втулка имеет наружную и внутреннюю резьбу, причем внутренняя резьба в нижней части имеет недорезанный на 2...3 витка резьбовой участок (2). В верхней части вставки имеется специальный буртик 1, диаметр которого больше диаметра наружной резьбы на 0,5... 1,0 мм. Для установки втулки используется специальный комплект инструмента, в который входит сверло, фреза, метчик и резьбонакатчик (рис. 3.3.2.15). Восстановление изношенной резьбы осуществляется в следующей последовательности. После очистки детали резьбовое соединение высверливается сверлом соосно отверстию. Затем фрезой нарезается опорное гнездо под буртик на глубину 0,8... 1,0 мм. Метчиком в отверстие нарезают резьбу под наружный диаметр резьбовой вставки. Резьбовая вставка с помощью резьбонакатчика вворачивается в резьбовое отверстие до тех пор, пока буртик вставки не вошел в опорное гнездо (см. рис. 3.3.2.15). Дальнейшее вращение резьбонакатчика требует большего усилия, так как тонкостенная резьбовая вставка имеет на конце внутренней резьбы несколько недорезанных витков резьбы. Внутренняя резьба

деформируется и при вращении резьбонакатчика впрессовывается в резьбу ремонтируемой детали. Обратным ходом резьбонакатчика завершается обработка резьбы.

Достоинства двух последних способов восстановления: простота и доступность в любых условиях; восстановление резьбовых отверстий до номинального размера в любых деталях, в том числе тонкостенных; высокая производительность и низкая себестоимость. При высокой износостойкости вставки и значительном улучшении за счет ее равномерности распределения нагрузки по виткам резьбы повышается ресурс восстановленных отверстий в 2 раза и более по сравнению с новыми отверстиями. При таком способе повышаются прочность и стабильность резьбовых соединений.

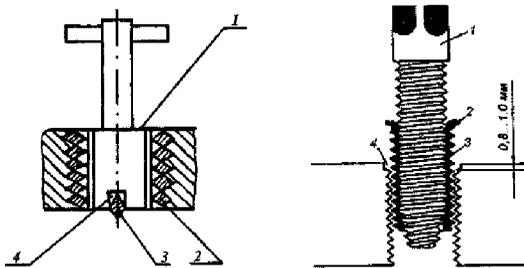


Рисунок 3.3.2.15 Схема установки резьбовой вставки:

а – стиральная (1 – вороток; 2 – резьбовое отверстие; 3 – поводок; 4 – паз);
б – тонкостенная (1 – резьбонакатчик; 2 – буртик резьбовой вставки; 3 – резьбовая вставка; 4 – опорное гнездо)

При сборке шпилечного соединения в одну из соединяемых деталей ввинчивают шпильку, затем на нее накладывают вторую деталь соединения и навинчивают гайку. Крутящий момент, прикладываемый к гайке, частично передается на шпильку. Для того чтобы обеспечить неподвижность шпильки при затягивании гайки, ее необходимо ввернуть в деталь плотно и до конца. Поэтому в шпилечном соединении следует обеспечить натяг между шпилькой и деталью, в которую она ввинчена. Завинчивание шпилек — это наиболее сложная и трудоемкая операция, которая может быть выполнена двумя способами: 1) на свободный резьбовой конец шпильки навинчивают две гайки, а затем, вращая с помощью ключа верхнюю гайку, ввинчивают шпильку в гнездо (недостатком этого сравнительно простого спо-

соба является ослабление посадки шпильки в резьбовом отверстии при свинчивании гайки); 2) на конец шпильки свободно навинчивают специальное приспособление — солдатик, которое представляет собой высокую шестигранную гайку, стопорящуюся на конце шпильки специальным винтом, диаметр которого меньше диаметра шпильки.

При установке шпилек могут возникнуть различные погрешности их расположения относительно соединяемых деталей. Появление этих погрешностей обусловлено различными причинами. Отклонение от перпендикулярности оси шпильки плоскости соединяемых деталей возникает, как правило, из-за недостаточно точной обработки отверстия под резьбу. Вследствие этого сверление отверстий и нарезание в них резьбы следует выполнять с помощью кондуктора на станке. Несовпадение осей шпилек и отверстий наиболее часто встречается при сборке групповых резьбовых соединений. Этот дефект является следствием перекоса резьбы шпильки или отверстия. В этом случае выправлять шпильку не рекомендуется, так как это неизбежно приведет к ее поломке. Шпильку следует вывернуть и нарезать резьбу заново. При больших перекосах, как исключение, допускается расверливание отверстия и нарезание новой, более точной резьбы большего диаметра. Шпилька может быть недовернута (ее выступающая часть длиннее, чем требуется), но дальше в резьбовое отверстие не вворачивается. В этом случае шпильку нужно вывернуть, резьбу на шпильке и в резьбовом отверстии «прогнать» плашкой и метчиком. Если это не дает положительных результатов, то ее следует заменить шпилькой с меньшим средним диаметром резьбы. Шпилька может быть ввернута слишком глубоко. В этом случае вывинчивать ее до достижения заданной длины выступающей части не допускается, так как это ослабляет посадку шпильки в резьбовом отверстии. Ее следует вывернуть и заменить шпилькой с большим средним диаметром резьбы. Шпилька может сидеть в резьбовом отверстии недостаточно плотно и при отвинчивании гайки вывинчиваться из гнезда. В этом случае ее необходимо вывинтить и заменить шпилькой с большим средним диаметром резьбы.

Если при сборке шпилечного соединения шпилька сломалась в резьбовом отверстии, то она может быть извлечена из него несколькими способами. Если сломанная часть шпильки выступает над поверхностью детали, следует запилить грани на выступающей части и

извлечь. Если сломанная часть не выступает над поверхностью детали, следует извлечь шпильку, пользуясь специальными приспособлениями — бором (рис. 3.3.2.16а) или экстрактором (рис. 3.3.2.16б). Обломок шпильки может быть удален методом электроискрового сверления на специальной установке. Если базовая деталь изготовлена из алюминия, то для удаления обломка можно использовать метод травления азотной кислотой, с которой алюминий взаимодействует слабо.

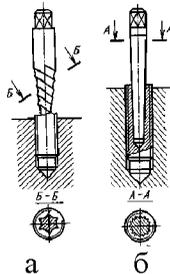


Рисунок 3.3.2.16 Инструмент для извлечения сломанных шпилек:
а – бор; б – экстрактор

Надежность восстанавливаемых резьбовых соединений зависит также от их правильного стопорения. Стопорение резьбовых соединений является одной из конструктивных мер борьбы с их самоотвинчиванием в процессе эксплуатации машин. Наиболее распространены следующие способы стопорения: создание дополнительных сил трения путем осевого или радиального давления (контргайка, винт, самоконтрящаяся гайка); взаимная фиксация относительного положения болта и гайки (стопорение шплинтованием, пружинными и деформируемыми шайбами, проволокой); местное пластическое деформирование (обжатие, кернение). В ряде случаев применяют обжимные гайки с буртиком, которые после окончания затяжки обжимают специальным ключом с закаленными губками так, что металл резьбовой части гайки плотно охватывает резьбу болта. Широкое распространение получили также методы стопорения и уплотнения резьбовых соединений с помощью анаэробных клеев. Миниатюрная капсула, наполненная специальной жидкостью, в процессе свинчивания резьбовых деталей разрушается, а вытекающая из нее жидкость превращается в клей, обеспечивающий прочное соединение этих деталей (клей отвердевает при комнатной температуре). Разборка таких со-

единений производится обычными методами и не вызывает разрушения их деталей. После разборки детали могут быть вновь использованы. Клей, помимо того, обеспечивает защиту соединения от коррозии. Наиболее распространенные способы стопорения резьбовых соединений показаны на рис. 3.3.2.17а...и.

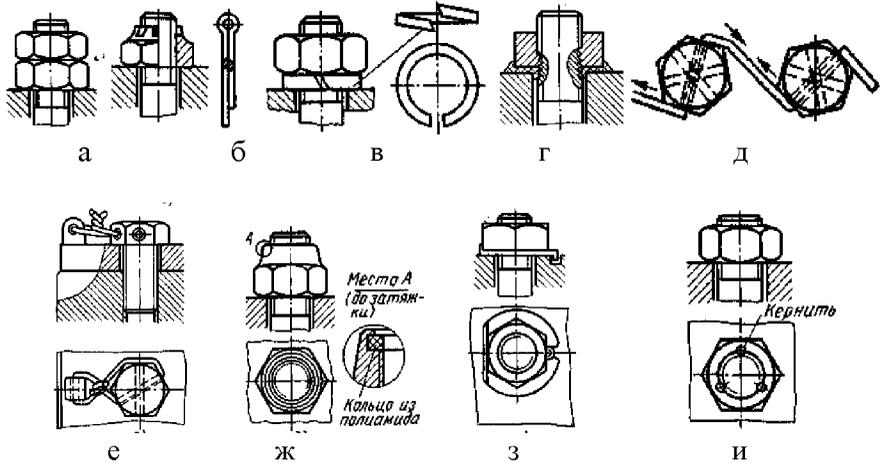


Рисунок 3.3.2.17 Способы стопорения резьбовых соединений:

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

Извлечение шпонок из пазов обычно осуществляют с помощью мягких выколоток (рис. 3.3.2.18а–б). При извлечении клиновых шпонок категорически запрещается пользоваться молотком и зубилом, загоняемым между головкой шпонки и ступицей, так как это приводит к искривлению шпонки, порче торцевых поверхностей ступицы, а в ряде случаев и к деформации вала. Извлекать клиновые шпонки следует с помощью специального приспособления (рис. 3.3.2.18в), которое надевают на головку шпонки (1) и закрепляют кольцом (2) и винтом (6). Груз (3) может свободно перемещаться вдоль стержня (4), на конце которого имеется упор (5). При ударе грузом (3) об упор (5) возникают осевые силы, обеспечивающие извлечение шпонки из паза. Для извлечения клиновых шпонок применяют также рычажные инструменты, а если к закладной клиновой

шпонке имеется доступ со стороны, противоположной ее головке, то шпонку выталкивают с помощью специальной выколотки. При ремонте шпоночных соединений изношенные шпонки не ремонтируют, а изготавливают новые. Исключения составляют клиновые шпонки: их запрессовывают в паз ударом молотка через мягкую прокладку так, чтобы они заклинивались по высоте. Кроме этого, клиновую шпонку нужно устанавливать так, чтобы при ослаблении ее можно было осаживать. Между головкой шпонки и торцом детали должно оставаться расстояние, равное высоте шпонки. При подгонке и сборке в процессе ремонта призматических шпонок рекомендуется делать специальный скос (рис. 3.3.2.18б), а с обратной стороны выполнять соответствующую пометку. Это дает возможность извлечь шпонку из паза посредством выколотки и молотка: выколотку упирают в помеченный конец шпонки со стороны скоса и ударяют по ней молотком; с этой стороны конец шпонки прижимают к основанию, а с противоположной - приподнимают.

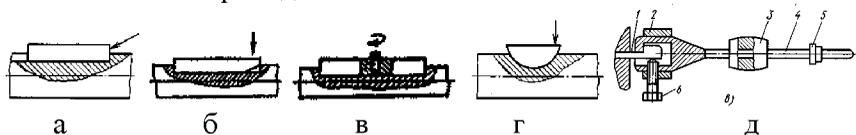


Рисунок 3.3.2.18 Способы извлечения шпонок из пазов:

а-в — призматических; б — сегментной; в — клиновой (1 — шпонка, 2 — кольцо, 3 — груз, 4 — стержень, 5 — упор, 6 — винт)

Для восстановления шпоночных пазов применяют различные способы. При значительном износе шпоночный паз ремонтируют посредством наплавки грани (рис. 3.3.2.19а) с последующим фрезерованием. При обработке необходимо выдерживать размеры паза, регламентируемые стандартом. Для ремонта может быть использована вибродуговая 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. Технологическая последовательность вибродуговой наплавки изношенной грани шпоночного паза следующая: устранение механической обработкой глубоких рисок и задиrow, вызванных износом; подготовка детали к наплавке (очистка, промывка, обезжиривание); наплавка; размагничивание детали; контроль де-

тали для определения припусков на механическую обработку. Возможно применение такого вида ремонта: изношенный шпоночный паз посредством фрезерования расширяют и углубляют, устраняя последствия износа; изготавливают специальную ступенчатую шпонку (рис. 3.3.2.19б). Однако такой ремонт не обеспечивает высокой точности и качества соединения. Поэтому его следует использовать в исключительных случаях. Если на чертеже детали отсутствуют указания о фиксированном положении шпоночного паза, то допускается его изготовление заново на другом месте (не более одного на поперечном сечении) без заделки изношенного паза. Новый паз выполняют параллельно последнему в диаметральной плоскости под углом к изношенному пазу, равным 90, 135 или 180°.

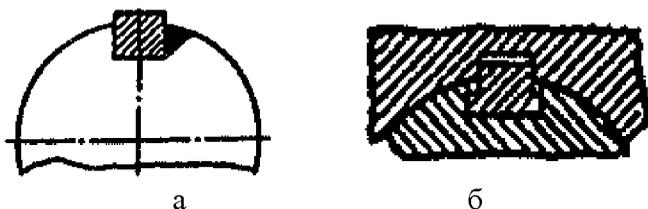


Рисунок 3.3.2.19 Ремонт шпоночных пазов:

а - наплавкой грани; б - установкой ступенчатой шпонки

Основное назначение шлицевого соединения - передача крутящего момента. Шлицы изнашиваются преимущественно по боковой поверхности. У шлицевых валов, центрируемых по наружному диаметру, износ по наружному диаметру может достигать 0,6...0,7 мм. Изношенную боковую поверхность шлицев наплавляют вибродуговой или плазменной наплавкой, наплавкой в среде углекислого газа или подслоем флюса. Затем наплавленные поверхности фрезеруют до нормальной толщины шлицев, проводят термообработку (при необходимости), шлифованием снимают наплывы металла по наружному диаметру шлицев. Фрезерование шлицев производят на фрезерных станках с применением делительной головки. У шлицевых валов с мелкими шлицевыми впадинами между шлицами (диаметр вала до 45–50 мм), имеющих ширину шлицев до 5–6 мм, канавки обычно заплавляют полностью. Для уменьшения деформации вала шлицы наплавляют поочередно на диаметрально противоположных его сторонах. Затем на-

плавленную шлицевую поверхность обтачивают до нормального диаметра и на обточенной поверхности изготавливают (фрезеруют) шлицы нормальной толщины. Как правило, фрезеруют наплавленный металл канавки шлицевой поверхности. Для этого перед наплавкой на торце вала напротив впадины делают метку. При незначительных износах для восстановления шлицев применяют холодное пластическое деформирование. При износе шлицев по толщине до 0,5 мм на их наружной нерабочей поверхности на гидравлическом прессе посредством шлиценакатной головки холодным пластическим деформированием формируют технологическую канавку. В результате вытесненный из канавки металл заполняет боковую изношенную поверхность шлица и увеличивает наружный диаметр ремонтируемого вала. Тем самым обеспечивается минимально необходимая величина припуска под следующую механическую обработку поверхностей шлицев. 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. Металл валиков в процессе осадки внедряется в основной металл ремонтируемой детали, увеличивая ширину шлицев. Этим обеспечивается получение припуска под последующую механическую обработку шлицевых поверхностей. Если износ шлицев превышает 1,2 мм, то на их боковые и наружные поверхности наплавляют металл и осуществляют механическую обработку без пластического деформирования.

Зубчатые колеса изготавливают из легированных сталей (40Х, 25ХГТ, 20ХНМ). Для получения высокой поверхностной твердости зубьев (до 50 – 60HRC_{0,2}) их подвергают термической и химико-термической обработкам. Зубчатые колеса работают в условиях больших динамических нагрузок. Их зубья испытывают одновременное воздействие изгибающих моментов и контактных напряжений, подвергаются ударным нагрузкам, а при загрязнении смазочного материала - гидроабразивному изнашиванию. Изнашивание зубьев резко усиливается при перекосе и непараллельности валов.

Дефектами зубчатых колес (шестерен) являются износ зубьев по толщине и длине (непостоянного зацепления), выкрашивание, скалывание и поломка зубьев. Шестерни с предельно изношенными зубьями, имеющие обломы, сколы, трещины, выбраковываются. Износ зубьев по толщине определяют штангензубомером 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 1/4 их длины или на двух смежных зубьях - меньше 1/5 их длины. При большем износе шестерни выбраковывают. Для восстановления зубьев разработано и опробовано несколько вариантов технологий, которые можно объединить в следующие группы: замена части детали; автоматическая наплавка без последующей термообработки; автоматическая наплавка с последующей термообработкой; пластическое деформирование; автоматическая наплавка с последующим деформированием.

Замену части детали применяют иногда при ремонте зубчатых колес или их блоков, когда один из венцов блока сильно изношен, а остальные имеют допустимые износы и нецелесообразно выбраковывать дорогостоящую деталь. В этом случае изношенный венец удаляют. Затем изготавливают новый зубчатый венец из стали той же марки, что и восстанавливаемая деталь, напрессовывают его на проточку и приваривают или стопорят винтами. Если изношен венец, приклепанный к ступице, то его заменяют, соезая заклепки. В тихоходных передачах сломанные зубья ремонтируют установкой «наделок», прикрепленных к ободу винтами (рис. 3.3.2.20а) или сваркой (рис. 3.3.2.20б).

Обод в месте крепления «наделок» отжигают; места, не подлежащие отжигу, покрывают замазкой, состоящей из огнеупорной глины (50%), асбестового порошка (45%) и жидкого стекла (5%). При тонком ободе колеса, когда его ослабление установкой «наделок» недопустимо, вместо сломанного зуба устанавливают специальный башмак (рис. 3.3.2.20в), крепление которого не вызывает значительного ослабления обода колеса.

Для установки башмака делают небольшое углубление (3...5 мм) в ободе на месте сломанного зуба, а на торцах обода - неглубокие пазы размером от 0,4 до 1 модуля зуба. По размерам зуба, углубления и пазов изготавливают заготовку башмака 1, которую крепят к ободу колеса (болтами 3 и распорными втулками 2). Окончательно обрабатывают профиль зуба после фиксации (приварки) его на колесе. Слесарные способы ремонта зубчатых колес применяют в качестве временной меры, если невозможно заменить широкое колесо новым или отремонтировать его более совершенным методом.

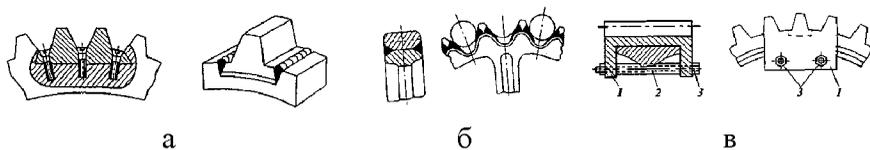


Рисунок 3.3.2.20 Схема ремонта зубчатого колеса и звездочек:
а – при помощи «наделок»; б – наваркой клиньев; в – при помощи башмака (1 – башмак; 2 – распорная втулка; 3 – болт наваркой клиньев)

Наплавка в ее различных вариантах получила наибольшее применение при восстановлении зубчатых колес. Известна технология для автоматической наплавки торцов зубьев высокоуглеродистой проволокой Нп-65 диаметром 1,8...2,0 мм под слоем флюса АН-60 с принудительным формированием слоя в охлаждаемой водой медной форме (рис. 3.3.2.21).

При этом сохраняются неизношенные поверхности зубьев. За счет высокой скорости наплавки, минимального снижения тепловой мощности дуги, интенсивного отвода теплоты в наплавочную форму и тело зубчатого колеса обеспечиваются закалка наплавленного металла и минимальное термическое влияние на материал зубьев, что исключает необходимость термической обработки. Наплавленную часть зубьев шлифуют по длине (торцу) и окружности выступов, а затем электрохимическим способом закругляют их торцы и обрабатывают по толщине.

По описанной технологии восстанавливают зубчатые колеса с износом торцов до 4 мм. При износе зубьев по длине более 4 мм после электрохимического закругления их торцов наплавленную часть зубьев шлифуют по боковым поверхностям. Разработана наплавка торцов зубьев с последующей термообработкой. Наплавливают зубья ленточным электродом из стали У8А под слоем флюса АН-348А. После наплавки венец отпускают, нагревая ТВЧ до температуры 730...750°C и выдерживая в подогретом песке. Затем обтачивают венец по вершинам и торцам зубьев, нарезают зубья, тщательно совмещая зубонарезной инструмент с впадинами между зубьями, закругляют торцы зубьев и шевингуют наплавленную часть. После механической обработки их закалывают с охлаждением в масле до твердости НКСЭ 58...60.

Торцы зубьев восстанавливают также наплавкой в среде углекислого газа проволокой Нп-3ОХГСА и др. Перед наплавкой зубчатые колеса из стали 25ХГТ нагревают до температуры 200°С, что улучшает структуру околосшовной зоны и исключает образование после наплавки холодных трещин. Далее обтачивают зубчатое колесо по торцам и вершинам (окружности) зубьев, фрезеруют зубья червячной фрезой и закругляют их торцы. Затем зубья нагревают ТВЧ до температуры 850...900°С, закаливают в масле и отпускают, выдерживая при температуре 200°С в течение 1 ч. Твердость наплавленного металла 58 – 60HRC₂. При наплавке зубьев шов сжимает ступицу шестерни и ее внутренний диаметр уменьшается до 0,1 мм, что компенсирует износ посадочного отверстия. При необходимости отверстие калибруют на протяжном станке. Технология восстановления зубьев наплавкой с последующей юрмической обработкой дороже и сложнее, но она обеспечивает бо-исс высокое качество по сравнению с наплавкой без термообработки. Наплавкой можно восстановить зубья только по длине. Поэтому она не всегда обеспечивает необходимую точность.

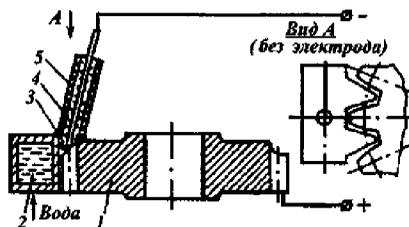


Рисунок 3.3.2.21 Схема наплавки торцов зубьев под флюсом:
 (1 - восстанавливаемое зубчатое колесо; 2 - медная форма; 3 - сварочная ванна; 4 - электродная проволока; 5 - трубка подвода флюса)

Разработаны способы восстановления зубчатых колес пластическим деформированием, при котором износ зубьев и шлицев компенсируют за счет пластического перемещения предварительно нагретого металла с нерабочих участков на изношенные, зубчатое колесо нагревают до температуры 1100...1200°С в нейтральной среде (соляной ванне), укладывают в матрицу штампа (рис. 3.3.2.22) и прессуют под прессом или молотом, выдавливая на нерабочей части кольцевые канавки и перемещая металл к изношенным поверхностям. Затем деталь отжигают в шахтной печи, обтачивают торцы, шлифуют по наружно-

му и внутреннему диаметрам, обрабатывают шлицы протяжкой, фрезеруют, закругляют и шевингуют зубья. После этого зубчатое колесо подвергают цементации, закалке в масле и отпуску. При недостаточном запасе металла его наплавляют под флюсом по нерабочей поверхности. Иногда этот способ называют горячей объемной штамповкой или выдавливанием. С помощью его восстанавливают все изношенные поверхности. При этом обеспечивается высокое качество и не требуется частого расхода материала. Однако в связи с высокой стоимостью оборудования (гидравлических прессов с усилием 400...600 кН, станков) этот способ экономически эффективен лишь при большой программе восстановления (более 100 тыс. шт. в год).

Разработан комбинированный способ восстановления зубчатых колес, предусматривающий получение из изношенной детали заготовки путем наплавки изношенных торцов зубьев с избытком металла последующей штамповкой. Изношенные торцы зубьев подогретого до 250...300°C зубчатого колеса наплавляют под флюсом АН-348А проволокой Св-18ХГС или Нп-30ХГСА. Затем зубчатый венец нагревают ТВЧ до температуры 1150...1200°C и подают зубчатые колеса в штамп пресса. Пуансон вдавливает наплавленный с избытком металл в тело зубьев, а его кольцевые выступы внедряются в тело зубчатого колеса и перемещают металл в направлении зубчатого колеса. После штамповки образуются припуски для механической обработки по длине и толщине зубьев. Затем зубчатое колесо обрабатывают так же, как и после штамповки без наплавки торцов.

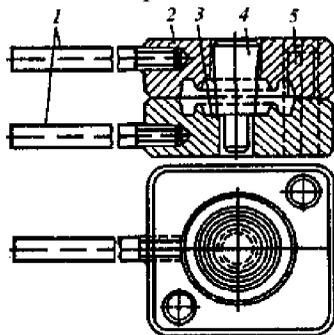


Рисунок 3.3.2.2 Штамп для восстановления колес вдавливанием:
 1 – ручки; 2–3 – верхняя и нижняя половины штампа соответственно; 4 – оправка; 5 – направляющие

3.3.3 Доильные установки

3.3.3.1 Вакуумные агрегаты

В случае замены вакуумных насосов возможно отклонение осей электродвигателя и насоса (рис. 3.3.3.1.1а–б), вызывающее нагрев подшипников и преждевременный износ деталей. Совпадение осей вала насоса и электродвигателя подтверждает плотное прилегание линейки с цилиндрической поверхностью обеих полумуфт и одинаковый зазор между муфтами во всех точках окружности. При диагностике вакуумного агрегата следует обязательно проверять усилие натяжения ремней привода. Нормально натянутые ремни должны иметь стрелу прогиба 25 мм при приложенном усилии 40Н. Ослабленные ремни насосов проскальзывают, изнашиваются и снижают производительность насоса. Узкий ремень проскальзывает по дну канавки шкива, а широкий ремень выходит из канавки, вызывая перегрузку двигателя вентилятора (рис. 3.3.3.1.2в). Снижает производительность вакуумного агрегата и установка на вал электродвигателя шкива меньшего диаметра.

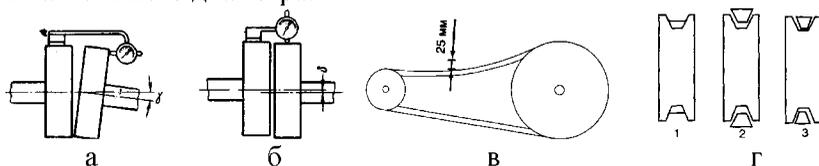


Рисунок 3.3.3.1.1 Проверка агрегатов:

- а) непараллельность валов; б) несоосность; в) нормативное натяжение ремня привода; г) положения ремней (1 – узкий; 2 – широкий; 3 – ремень требуемого размера)*

Параллельное соединение насосов переключкой малоэффективно: колебания вакуумметрического давления значительные, потребляемая мощность увеличивается. Суммарная производительность меньше их удвоенной производительности, получаемой от каждого насоса при его самостоятельной работе на ту же сеть. Снижение производительности вакуумного насоса возможно также вследствие нарушения монтажной схемы выхлопной системы. Зачастую отвод выхлопных газов от двух насосов (рис. 3.3.3.1.2а) осуществляется через одну выхлопную трубу. В результате в трубе создается повышенное

сопротивление движению воздуха и повышенное давление нагнетания, что снижает быстроту действия вакуумных насосов.

Монтаж дросселирующих участков на всасывающем и нагнетательном патрубках вакуумного насоса в условиях эксплуатации отрицательно сказывается на его производительности и потребляемой мощности. Увеличение энергопотребления обусловлено ростом гидравлических сопротивлений всасывающего и нагнетательного окон вакуумного насоса. Давление воздуха в ячейке во время всасывания и нагнетания отличается от давлений в соответствующих патрубках. Это различие давлений в ячейке насоса и трубке сказывается на скорости всасывания и нагнетания воздуха, производительности и потребляемой мощности ротационного насоса. Ведь быстрота действия вакуумного насоса пропорциональна отрезку $4'-1'$ (рис. 3.3.3.1.2б).

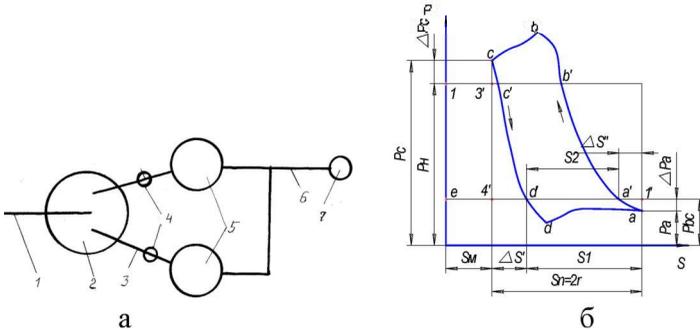


Рисунок 3.3.3.1.2 Признаки снижения производительности насосов: а) монтаж одной выхлопной трубы (1 – трубопровод; 2 – баллон; 3 – всасывающий патрубок; 4 – регулятор; 5 – насос; 6 – выхлопной патрубок; 7 – глушитель); б) индикаторная диаграмма вакуумного насоса ($\Delta S'$ – потеря быстроты действия из-за защемленного объема; S_1 – фактическая быстрота действия; Δp_n – потери давления в нагнетательном тракте; Δp_c – потери давления во всасывающем тракте; $p_{сc}$ – давление всасывания; p_n – давление нагнетания

Этот отрезок представляет собой объем воздуха, откачиваемый вакуумным насосом за один оборот при давлении и температуре всасывания. В вакуумном насосе, имеющем гидравлические потери только на всасывании (отсутствуют защемленный объем, протечки и

утечки, подогрев всасываемого воздуха), производительность пропорциональна отрезку $4' - a'$. Отрезок $4' - a'$ представляет собой количество воздуха, всасываемого вакуумным насосом с гидравлическими потерями на всасывании за один оборот ротора. Гидравлические сопротивления на всасывании снижают производительность насоса на величину отрезка $\Delta S''$. По этой причине диаметр всасывающего трубопровода должен соответствовать величине внутреннего диаметра соответствующего патрубка вакуумного насоса.

Вакуумные насосы соединяют полиэтиленовой трубой или пластмассовым предохранителем с вакуумным трубопроводом на вертикальном участке трубопровода. Необходимо обращать внимание на комплектность предохранителя. При работе насоса обратный клапан предохранителя притягивается к нижней части корпуса (к насосу), но не перекрывает отверстие из-за наличия выступов для протечек воздуха (рис. 3.3.3.1.3а). Когда насос выключается, под действием вакуума в системе обратный клапан притягивается вверх, перекрывая верхнее отверстие. В нарушение конструкции обратный клапан иногда переворачивают на 180° либо вообще не устанавливают. Нарушением является также использование резинового шланга вместо жесткого предохранителя (рис. 3.3.3.1.3б). Во всех этих случаях после выключения насоса атмосферный воздух устремляется в сторону вакуумной системы через насос, вращая в обратную сторону ротор насоса. Для пластинчатого насоса это чревато поломкой наклонных пластин. Для наклонных пластин равнодействующая сил трения о корпус насоса будет примерно совпадать с направлением паза ротора, снижая энергетические затраты на трение в самом пазу (рис. 3.3.3.1.3в). Обратное вращение таких пластин увеличивает изгибающий момент, действующий на пластину (рис. 3.3.3.1.3г).

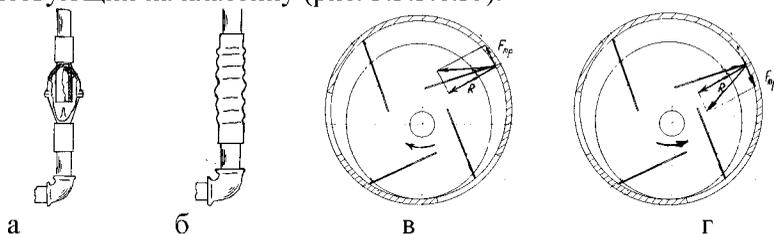


Рисунок 3.3.3.1.3 Клапан предохранителя:

- а) рабочее положение клапана; б) резиновая муфта; в) правильное направление вращения ротора; г) обратное вращение

Иногда при ремонте доильных установок предохранитель вообще не устанавливают. Это является нарушением техники электробезопасности. 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 на коров перед началом доения переменного тока 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 5В, а в некоторых коровниках – 10–12 В. Напряжение свыше 15–20В опасно для жизни животных, поэтому на всасывающем трубопроводе ставят изолирующую вставку – пластмассовый предохранитель. При диагностике выявляют наличие следов масла или воды на предохранителе, так как в этих случаях может быть нарушена его изолирующая способность.

В пластинчатых насосах одними из наиболее ответственных деталей являются пластины, параметры которых (высота, толщина и длина) изменяются в период работы вакуумного насоса. Пластины скользят по цилиндру и в пазах ротора (рис. 3.3.3.1.4).

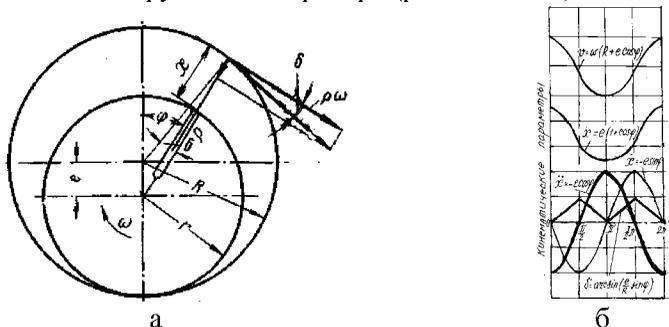


Рисунок 3.3.3.1.4 Характеристики движения пластин насоса:
а) переносная и относительная скорости; б) амплитуда перемещения верхней кромки

В большинстве насосов со смазкой материалом пластин служит текстолит. Во избежание быстрого износа пластин зеркало цилиндра

хонингуют, оно должно иметь высокую твердость и не покрываться ржавчиной. Ресурс текстолитовых пластин составляет порядка 1000 часов. Механические потери насоса вызывает трение пластин по внутренней поверхности корпуса и пазам ротора. Износ лопатки не должен превышать 30% от ее первоначальной высоты. Высота пластин, изготавливаемых в условиях ремонтного производства, должна быть меньше на 0,5–1,0 мм глубины паза ротора ротационного насоса. Нарушение этого технического требования влечет за собой заклинивание пластины в пазу ротора.

Установлено, что износ корпуса (изготавливаемого из серого чугуна СЧ-21 ГОСТ 1412-79) в зонах, прилегающих к всасывающему и выхлопному окнам, имеет волнообразный вид, определяемый органолептическим способом. Волнистость представляет собой периодически повторяющиеся возвышения и впадины с относительно большими шагами. Длина волны составляет 3,5–9 мм. При этом волнообразный износ поверхности цилиндра свойственен насосам с отлаженной подачей смазочного масла. По мере уменьшения толщины лопатки (изготавливаемой из конструкционного текстолита ПТ-8, сорт I ГОСТ 5-78), увеличения эксцентриситета и величины вакуума волнообразный износ корпуса возрастает. Он зависит от частоты вращения ротора, вида смазки, материала лопаток, положения пазов в роторе и направления вращения. Насос с поврежденной внутренней поверхностью корпуса характеризуется повышенным шумом и пониженными характеристиками. Исследования показывают, что износ лопаток происходит по дуге определенного радиуса. Радиус дуги верхней кромки лопатки уменьшается по мере износа ее по толщине в пазах ротора. Площадь контакта лопатки с корпусом насоса перемещается по поверхности ее ребра (рис. 3.3.3.1.5). Приработка завершается тогда, когда профиль верхней кромки пластины принимает определенную форму. Отклонение размеров верхней кромки лопаток от оптимальной формы является причиной волнообразного износа корпуса насоса и длительной приработки. Наличие волнистости снижает долговечность сопрягаемых элементов. Это связано главным образом с тем, что наличие волны уменьшает опорную площадь в 5–10 раз по сравнению с такой же шероховатой поверхностью. Увеличение высоты волнистости изменяет частоту вибрации лопаток. Исходя из этого, исключение необходимости приработки вакуумных насосов достигается требуемой кривизной кромок лопаток.

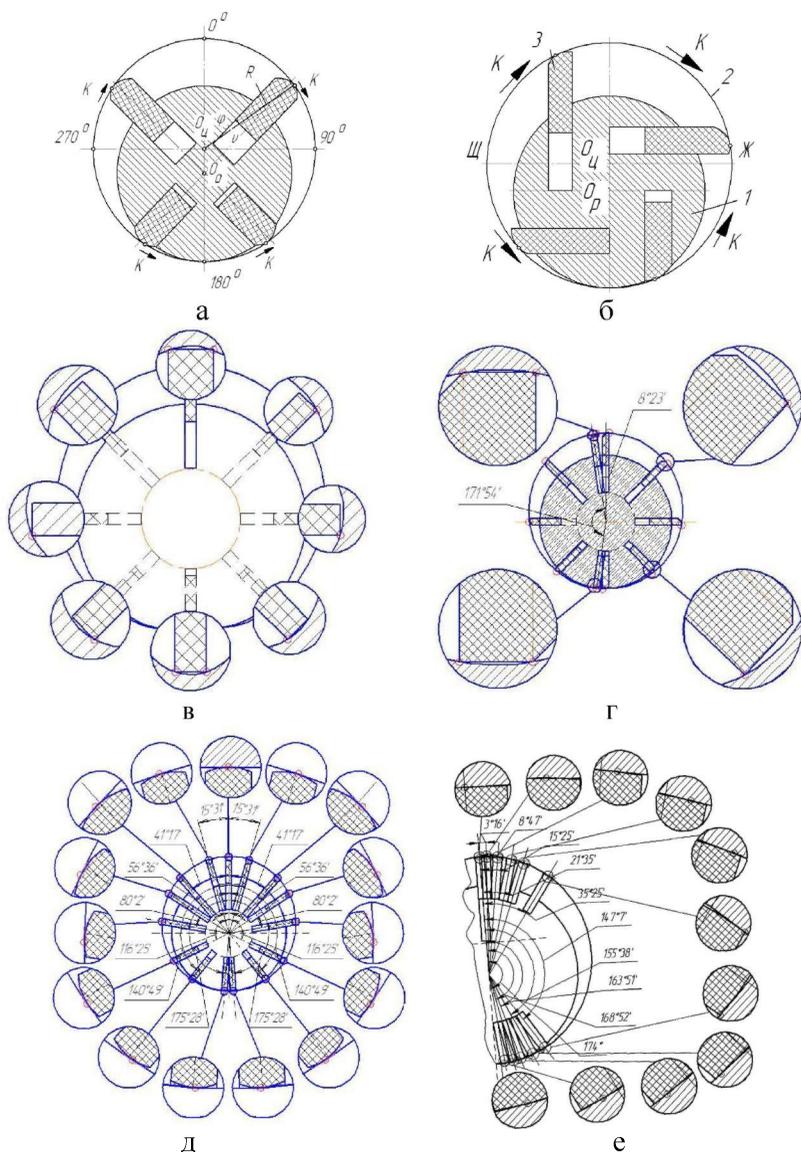


Рисунок 3.3.3.1.5 Перемещение площадки контакта лопаток:
*а–б) направления перемещения; в–е) форма кромок (в – прямоуголь-
 ная; г – срезана под углом; д – радиус закругления меньше расчет-
 ного; е – радиус закругления больше расчетного*

Колебания верхней кромки лопатки насоса отображает математическая модель невесомого обруча радиусом r_n , расположенного вертикально, с прикрепленной материальной точкой массы m . Если вывести обруч из положения равновесия так, чтобы диаметр обруча, проходящий через материальную точку, образовал небольшой угол φ_0 с вертикалью (рис. 3.3.3.1.6а), то возникнут колебания. Прикрепленная к нему материальная точка движется по циклоиде. При качении без проскальзывания длина дуги $AB = r_n \varphi$ равна длине отрезка OB . Поэтому, заменив при малых колебаниях обруча ($\varphi \ll 1$) $\sin \varphi$ на φ , а $\cos \varphi$ в виде $\cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} \approx \sqrt{1 - \varphi^2} \approx 1 - \varphi^2/2$, получим (рис. 3.3.3.1.6б) координаты x и y точки.

$$\begin{cases} x = r_n (\varphi - \sin \varphi) \\ y = r_n (1 - \cos \varphi) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ y = r_n \varphi^2 / 2 \end{cases}$$

Из этих соотношений следует, что при малых колебаниях точка верхней кромки лопатки движется практически по вертикали. Так как при малых углах φ точка движется по вертикали, ее кинетическая энергия равна $m\dot{y}^2/2$. Считая потенциальную энергию равной нулю в положении равновесия, запишем закон сохранения энергии в виде

$$\frac{m\dot{y}^2}{2} + mgy = const$$

Продифференцируем это уравнение по времени:

$$m\ddot{y} + m\dot{y} = 0$$

Так как \dot{y} не равно нулю тождественно, то из этого соотношения после сокращения $m\dot{y}$, получаем

$$\ddot{y} + a = 0$$

Это уравнение говорит о том, что ускорение материальной точки все время направлено вертикально вниз, постоянно по модулю и равно центробежному ускорению.

Теперь, обозначив через y_0 высоту, на которой находилась масса m в начальный момент при отклонении обруча от положения равновесия на угол φ_0 , можно написать уравнения, выражающие зависимость скоро-

сти и координаты точки (рис. 3.3.3.1.6а–б) от времени для первой четверти периода колебаний T ($0 < t < T/4$)

$$\begin{aligned} \dot{y} &= -a \\ \dot{y}(t) &= -at \\ y(t) &= y_0 - at^2/2 \end{aligned}$$

График зависимости $\varphi(t)$ состоит из половинок эллипсов (рис. 3.3.3.1.6в):

$$\begin{cases} y = r_n \varphi^2 / 2 \\ y(t) = y_0 - at^2 / 2 \end{cases} \rightarrow \varphi^2(t) = \varphi_0^2 - at^2 / r_n \rightarrow \frac{\varphi^2}{\varphi_0^2} + \frac{t^2}{r_n \varphi_0^2 / a} = 1$$

Это уравнение эллипса на плоскости t, φ . Полуоси этого эллипса равны $\varphi_0 \sqrt{r_n/a}$, φ_0 . Как видно из графика зависимости $\varphi(t)$, полуось $\varphi_0 \sqrt{r_n/a}$ равна четверти периода колебаний обруча $T/4$. Таким образом, период колебаний обруча

$$T = 4\varphi_0 \sqrt{r_n/a}$$

Даже малые колебания такой системы не являются гармоническими, и их период зависит от амплитуды φ_0 .

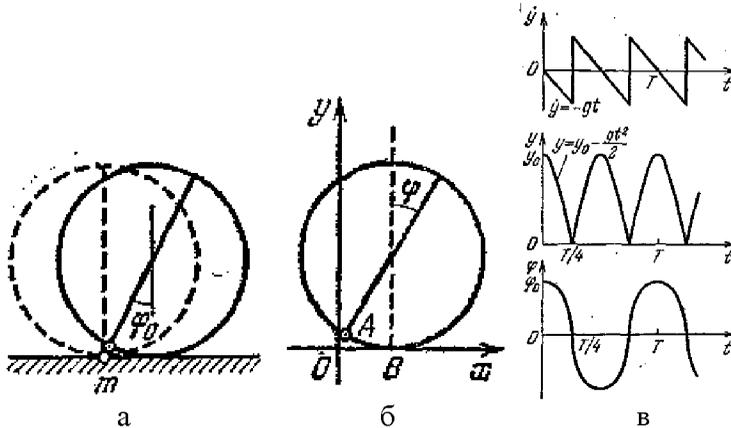


Рисунок 3.3.3.1.6 Элементы кинематики верхней кромки лопатки: а) схема; б) траектория; в) графики скорости и вертикального смещения массы m и угла отклонения φ при малых колебаниях

Недостаток ротационных пластинчатых машин состоит в том, что периферийная поверхность пластин в поперечном сечении выполнена по дуге, исключая непрерывность перемещения площадки контакта по ней и поэтому требующей продолжительного времени для приработки кромок пластин к корпусу (рис. 3.3.3.1.7).

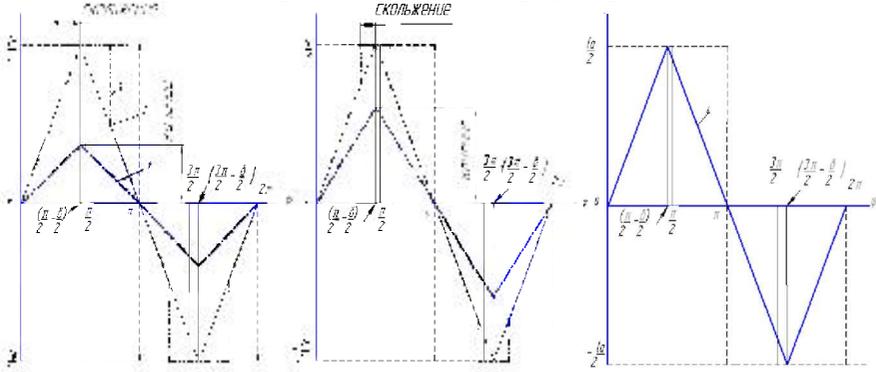


Рисунок 3.3.3.1.7 Динамика движения кромки лопатки:

$$1 - r_n^1 < r_n; \quad 2 - r_n; \quad 3 - r_n^2 > r_n; \quad 4 - r_n^3 \rightarrow R$$

Кривизна кромки лопатки определяется радиусом корпуса R , толщиной лопатки S , эксцентриситетом e , радиусом ротора r и углом между средней плоскостью лопатки и радиусом ротора ψ (рис. 3.3.3.1.8а):

3.3.3.1.8а): $r_n = R \cdot S / \left[\left(2e / \sqrt{1 - \varepsilon_1^2 \sin^2 \psi} \right) + S \right]$ и $X = (r_n r / R) \sin \psi + S / 2$ (рис. 3.3.3.1.8).

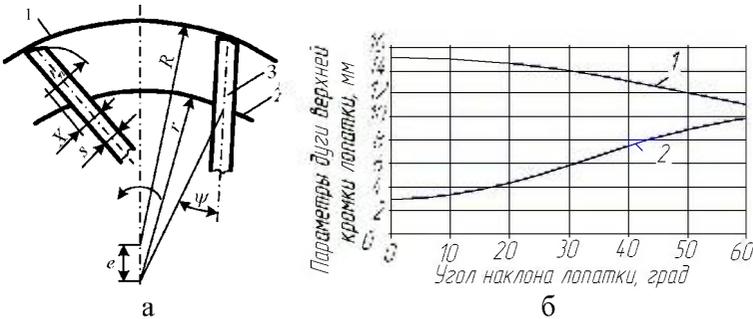


Рисунок 3.3.3.1.8 Расчетные схемы радиуса дуги кромки лопатки: а) кинематическая; б) параметры кромки лопатки: 1 - r_n ; 2 - X

Выполнение дуги верхней кромки пластины по параметрам, учитывающим наклон пластин, способствует тому, что при вращении ротора площадка контакта непрерывно перемещается по всей дуге кромки пластин, устраняя необходимость приработки последних. Предварительно (рис. 3.3.3.1.9) лопатки насоса попарно обрабатывают в комплекте с разделяющей пластиной толщиной, определяемой соотношением

$$b = \frac{r \cdot S}{e \sqrt{1 - \varepsilon^2 \cdot \sin^2 \psi}} \cdot \sin \psi - S$$

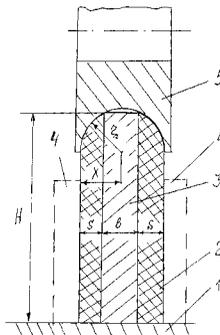


Рисунок 3.3.3.1.9 Схема устройства для придания цилиндрической формы верхней кромке лопатки:

1 – основание; 2 – лопатка текстолитовая; 3 – разделяющая пластина; 4 – зажим; 5 – фреза фасонная

Уменьшение потребляемой мощности при выбранном неизменном значении радиуса корпуса возможно за счет уменьшения эксцентриситета, длины и числа пластин, а также за счет увеличения высоты пластины. Потребляемая мощность при постоянном радиусе корпуса пропорциональна высоте и длине пластин, эксцентриситету и давлению (рис. 3.3.3.1.10а). При уменьшении длины пластины потребляемая мощность уменьшается практически прямо пропорционально. Так, при уменьшении длины пластины на 16% потребляемая мощность уменьшается лишь на 0,71%. Снижению потребляемой мощности при выбранном постоянном значении радиуса корпуса пластинчатого насоса способствуют меньшие значения эксцентриситета, длины и числа пла-

стин, а также пластины максимальной высоты. Основной путь увеличения глубины паза – применение наклонных пазов. При этом пазы ротора должны иметь максимальную глубину, а угол их наклона – обратно пропорционален числу пластин. Работа трения минимальна в случае максимального поворота пластин по ходу вращения ротора (рис. 3.3.3.1.10б). Характеристика работы вакуумного насоса показана на рисунке 3.3.3.1.11

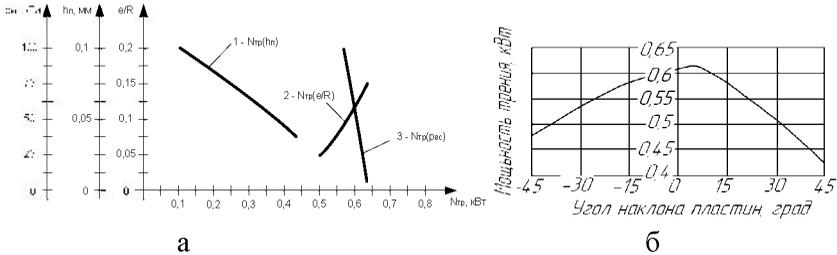


Рисунок 3.3.3.1.10 Работа сил трения за один оборот ротора: а) при изменении эксцентриситета (1), высоты пластин (2), от давления всасывания (3); б) угол наклона пазов

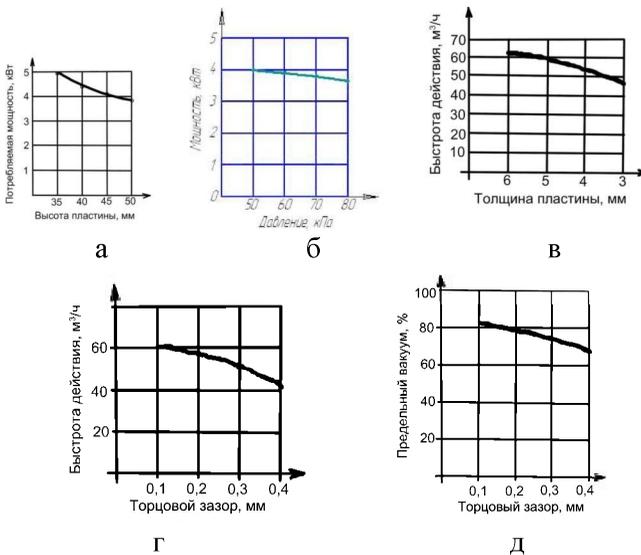


Рисунок 3.3.3.1.11 Характеристика работы вакуумного насоса

Как уже отмечалось, вследствие усадки текстолитовых пластин нарушается стабильность работы вакуумного насоса. Физико-механические свойства материала пластин можно улучшить соответствующей термической обработкой. Упрочнение текстолита в масляной среде можно проводить в следующем порядке. 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 поверхности листа 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°C. 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. Затем пластины охлаждают вместе с маслом до температуры 30–50°C, вынимают и очищают от остатков масла. Вынимать пластины раньше времени не рекомендуется, так как текстолит может выпучиваться или расслоиться. Чтобы избежать коробления пластин при дальнейшем охлаждении, их кладут под пресс. После термической обработки плоские стороны заготовки можно обрабатывать на фрезерном станке со специальным приспособлением 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 одновре-

менно фрезеруют несколько пластин, сложив их в виде пакета. При фрезеровании торцов пластин надо строго соблюдать перпендикулярность их сторон, особенно тех, которые обращены к боковым крышкам насоса и образующей цилиндра. Несоблюдение перпендикулярности может привести к перекоосу и заеданию пластин в пазах ротора или защемлению 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. Ведь внутренние перетекания воздуха в насосах происходят через радиальные и торцовые щели (рис. 3.3.3.1.12а–б), изолированный объем (рис. 3.3.3.1.12в) и микрощелевые зазоры (рис. 3.3.3.1.12г).

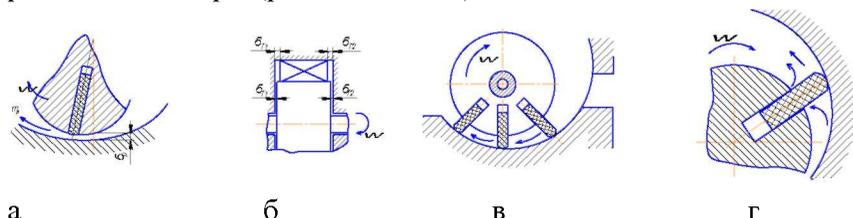


Рисунок 3.3.3.1.12 Схемы щелей пластинчатого вакуумного насоса: а) радиальная; б) торцовая; в) изолированная; г) микрощелевая (ω – угловая скорость; δ_p – радиальный зазор; t_p – поток воздуха через радиальный зазор; δ_{T1} , δ_{T2} – торцовые зазоры; δ'_{T1} , δ'_{T2} – торцовые зазоры между лопаткой и боковыми крышками)

Первостепенное значение для долговечности и производительности пластинчатых насосов имеет смазка вращающихся частей и герметичность сальников. Если насос работает без масла, он перегревается, что может послужить причиной возгорания или других повреждений. Масло в пластинчатых насосах, смазывая трущиеся поверхности, уменьшает, во-первых, энергию трения и скорость их из-

носа. 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 самотеком, инъекцией, фитилем или вакуумом.

Недостатком схемы смазки вакуумной масляной (рис. 3.3.3.1.13а) является то, что в ней предъявляются высокие требования к уровню масла. Если уровень масла в полости (2) выше или ниже центра отверстия (3), то и в насос поступит соответственно больше или меньше масла. В первом случае это приводит к увеличению расхода масла, во втором – к падению производительности насоса. Если уровень масла в полости насоса установится выше или ниже центра отверстия, то и в насос поступит соответственно больше или меньше масла. В первом случае это увеличивает расход масла, во втором – снижает производительность насоса. Недостаток такой системы смазки состоит в том, что во время эксплуатации насоса приходится постоянно следить за уровнем масла в бутылке.

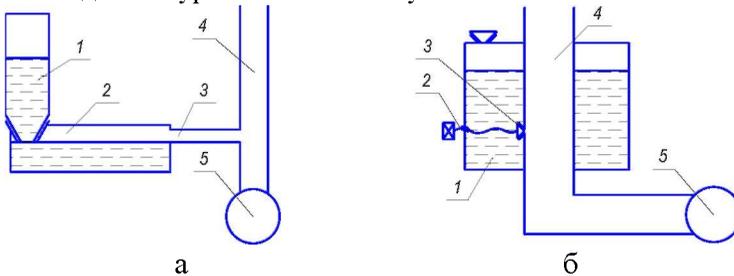


Рисунок 3.3.3.1.13 Схемы подвода смазочного масла:
а) гидростатическая; б) дроссельная

В схеме смазки с дроссельным отверстием (рис. 3.3.3.1.13б) необходимо следить за расходом масла и в случае потребности регулировать его иглой. Такая система смазки малоэффективна при низком вакууме во всасывающей трубе. Поэтому важно следить за расходом масла и в случае потребности регулировать его иглой. Помимо этого, следует ежедневно один раз вытягивать иглу рукой, чтобы временно увеличивать зазор для поступления масла. Это компенсирует возможный недостаток смазки. Шаровой клапан, через который поступает воздух в бак со смазкой, нужно периодически очищать от грязи.

Конструкция масленки вакуумной установки с фитилем (рис. 3.3.3.1.14а) обеспечивает более равномерную подачу масла за счет поддержания постоянного уровня его во время работы. Уровень масла определяет длина выступающего конца трубки (2). Короткая трубка подает больше масла, а длинная – меньше.

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. Контроль поступления масла в подшипники производится визуально, а общий расход – по делениям на стакане. Часовой расход масла должен соответствовать: для установки производительностью 45 м³/ч – 11–18 г; для установки производительностью 60 м³/ч – 15–24 г. Одно деление шкалы стакана соответствует в среднем 20 г. Уменьшение числа ниток и удлинение трубки снижает расход масла. Предварительная регулировка расхода масла производится установкой трубки уровня для получения значения А=12 мм (рис. 3.3.3.1.14б).

Благодаря этому подача масла не будет слишком слабой, что могло бы повредить насос. Излишек масла вреда не принесет и даже необходим, если насос новый. Однако в этом случае увеличивается расход масла. Точную регулировку осуществляют отметкой уровня масла в масленке клейкой лентой. Следят за полезным рабочим временем насоса. После 10 часов работы (чем дольше работает насос, тем выше точность) измеряют величину падения уровня масла в масленке. Сверяют по таблице показания. Если подача не соответствует норме, регулируют трубку уровня. Один поворот передвигает трубку на 1 мм и соответствует приблизительно 5 мл/час. Измеряют величину падения уровня масла за новый период времени.

Повторяют процедуру, пока подача масла не соответствует нормам. Использованное масло содержит грязь и примеси и не должно использоваться повторно. Нельзя сразу использовать отработанное масло, так как обычно оно загрязнено продуктами износа. Поэтому отработанное масло необходимо отстаивать либо применять фильтрацию. Равномерность подачи смазки достигается размещением фитиля на поплавке (рис. 3.3.3.1.14в). По мере расхода масла и уменьшения его уровня поплавки также опускается благодаря гофрированному гибкому элементу, сохраняя постоянной длину не погруженной в масло части фитиля.

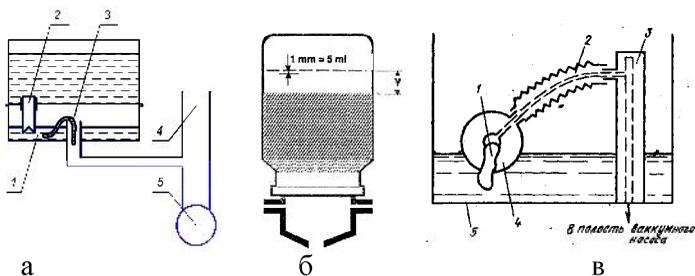


Рисунок 3.3.3.1.14 Фитильная схема подвода смазочного масла: а) схема (1 – емкость; 2 – винт; 3 – фитиль; 4 – трубопровод; 5 – насос вакуумный); б) масленка; в) постоянный уровень фитиля (1 – фитиль; 2 – гибкий элемент; 3 – корпус; 4 – поплавок; 5 – бачок)

В схеме смазки с мембранно-клапанном механизмом расход масла наименьший и составляет (рис. 3.3.3.1.15а) для пластинчатого насоса производительностью $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ около 10 граммов в час, в то время как в схеме смазки с фитилем (наилучшей из рассмотренных в этом отношении) – 15–24 граммов в час. Масло в этой системе смазки подается из емкости (1) в камеру (2) и по соответствующим шлангам в места назначения.

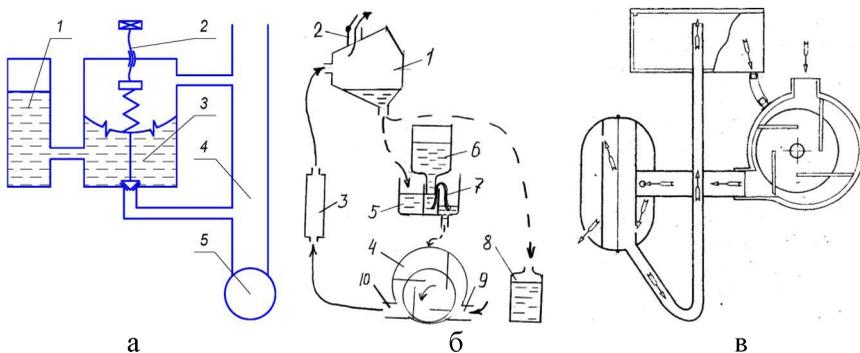


Рисунок 3.3.3.1.15 Рециркуляционные схемы смазочного масла: а) мембранно-клапанный механизм (1 – емкость масляная; 2 – винт; 3 – клапанное устройство; 4 – трубопровод; 5 – насос вакуумный); в) конусная (1 – маслоуловитель; 2 – клапан; 3 – глушитель; 4 – насос; 5 – маслоприемник; 6 – масленка; 7 – фитиль; 8 – маслосорник; 9, 10 – патрубки); б) обратная

Поток масла регулируется диафрагмой, соединенной со штоком клапана, который блокирует отверстие прозрачной камеры с помощью пружины и штока клапана. При включении насоса вакуум создается в верхней камере клапана. Масло просачивается в насос через отверстие. Увеличение вакуума способствует большему открытию проходного отверстия и расходу масла. Маслоуловитель (рис. 3.3.3.1.15б) импортных вакуумных насосов представляет собой масляную ловушку с двумя конусами, из которой масло, сливаясь по трем трубочкам, поступает в масляный резервуар. Основная часть засасываемого из масленки масла вакуумного насоса АИД 01.020 агрегатов индивидуального доения коров не выбрасывается через глушитель, а возвращается опять в масленку (рис. 3.3.3.1.15в).

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

Смазочное масло должно быть очищено от воды, механических примесей и смолистых веществ. Имеющаяся в нем вода при вакууме испаряется и также снижает производительность насоса. Механические примеси изнашивают трущиеся поверхности, царапают полированные и увеличивают расход энергии на преодоление трения. Смолистые осадки на вращающихся деталях 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 лопатки.

Движение жидкости в водокольцевом насосе представляет сложное гидродинамическое явление. Фактическая форма жидкостного кольца имеет сложный профиль и отличается от предполагаемой цилиндрической формы. Лишь в месте максимального удаления жид-

костного кольца от ротора имеется соответствие действительного и предполагаемого профилей кольца. С учетом вышеизложенного форму нагнетательного окна водокольцевого насоса можно в ходе ремонтных работ выполнять в соответствии с рисунком 3.3.3.1.16а. Как показывает опыт, эффективно исполнение внутреннего очертания корпуса дугами окружности, описанными из двух центров (рис. 3.3.3.1.16б). Такое очертание позволяет увеличить площадь поперечного сечения серповидного пространства для размещения отверстий входа и выхода воздуха и уменьшить скорости воздуха в них, повысить число оборотов ротора. Это благоприятно сказывается на показателях работы насоса.

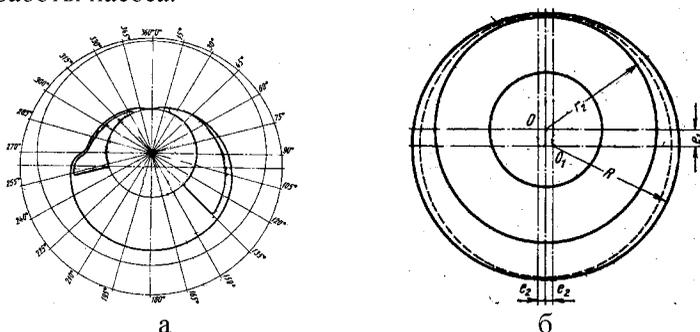


Рисунок 3.3.3.1.16 Профили характерных сечений элементов насоса: а) рациональная форма нагнетательного окна, рекомендуемая при ремонте насоса; б) схема возможного исполнения корпуса при ремонте насоса

Более предпочтительной является такая конструктивная схема (рис. 3.3.3.1.17а) водокольцевых насосов (НВМ-60, НВМ-70, ВВН-3, ВВН-6), где в месте посадки подшипника реализуется меньший изгибающий момент ($M_{из}$), а следовательно, меньшие напряжения и амплитуды микропроскальзывания (рис. 3.3.3.1.17а–б). Радиальный зазор (2–3) мм консольных насосов снижает величину изгибающего момента сил и предотвращает трение лопаток ротора и торцевой плоскости лобовины, увеличивает вспомогательный поток воды, поступающей во всасывающую полость, а также мощность, затрачиваемую на сжатие воздуха, и мощность гидродинамических потерь. Радиальный зазор (1–2 мм) двухопорного насоса снижает перетечки воздуха из полости нагнетания в полость сжатия. Минимальный

торцовый зазор (0,1–0,2 мм) снижает удельную потребляемую мощность вакуумных насосов.

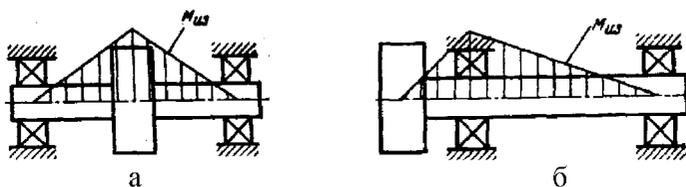


Рисунок 3.3.3.1.17 Схемы роторов насосов:
а) двухопорный; б) консольный

Вода, необходимая для пополнения жидкостного кольца в водокольцевых насосах, подается в зону всасывания или нагнетания. Вода может подаваться под избыточным давлением (из водопровода) или путем самовсасывания. Вода, подаваемая под давлением, улучшает форму жидкостного кольца, но сбрасывается в канализацию, что экономически нецелесообразно. Поэтому на фермах применяются вакуумные установки с замкнутым водяным циклом. Пополнение водяного кольца в таких установках осуществляется под избыточным (рис. 3.3.3.1.18а) или нулевым гидростатическим давлением и вакуумметрическим давлением. Достоинством первой схемы является более высокий вакуум по сравнению с другими способами, а также простота запуска, так как не требуется доливка воды при пуске.

Недостатком данного способа считается необходимость закачивания воды на относительно большую высоту и регулирования подачи воды. Если же в вакуумный насос подавать много воды и под большим давлением, то он начинает работать рывками, периодически выбрасывая отдельными толчками большое количество воды. Излишнее количество воды он выбрасывает в нагнетательный трубопровод. Преимущество второго способа в том, что уровень воды в насосе перед запуском всегда оптимальный, потери энергии на передвижение воды минимальны. Недостатком схемы является наличие высокого фундамента или рамы для того, чтобы середина ротора находилась на уровне воды в емкости. При третьем способе достигается максимальная компактность агрегата (насос можно устанавливать прямо на емкости), однако затрачивается максимальная энергия на подъем воды в насос. Во время работы водокольцевого вакуумного

насоса рециркуляционная вода нагревается. Нагрев воды снижает производительность насоса.

Нарушением правил монтажа водокольцевого насоса является присоединение шланга для подвода оборотной воды к крану, сваренному внизу емкости оборотной воды (рис. 3.3.3.1.18б). Осадок, образующийся в емкости для оборотной воды, при запуске насоса попадает внутрь насоса, ускоряя износ его рабочих элементов. Вода, применяемая для работы насоса, не должна содержать взвешенные частицы в количестве более 25 мг/л. Применение жесткой воды вызывает образование накипи на рабочих деталях, вследствие чего зазоры между подвижными и неподвижными деталями сокращаются. Трение между ними возрастает и резко повышается расход мощности, что может вызвать отказ электродвигателя или самого насоса.

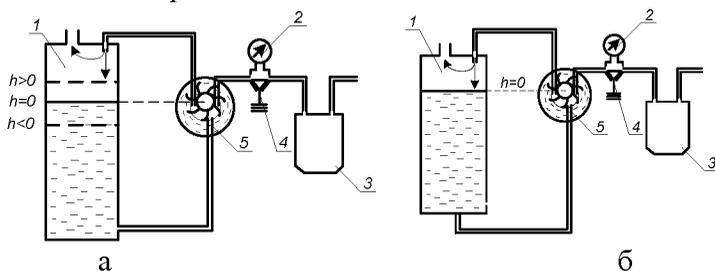


Рисунок 3.3.3.1.18 Схемы рециркуляции воды:

- а) с различными гидростатическими давлениями (1 – емкость с водой; 2 – вакуумметр; 3 – молокоприемник; 4 – клапан; 5 – вакуумный насос); б) нижнее подключение шланга: 1 – емкость для воды; 2 – вакуумметр; 3 – баллон; 4 – регулятор вакуума; 5 – насос*

Нагрев рециркуляционной жидкости, повышая давление насыщенных паров, снижает производительность насоса (рис. 3.3.3.1.19а). При температуре жидкости выше 40°C требуется прекратить работу насоса до выявления неисправности. Нагрев жидкостного кольца происходит вследствие малого количества рабочей жидкости, трения ротора и лобовин, а также большой затяжки сальников или подшипников. Определить температуру рабочей жидкости можно термометром, температуру подшипников, сальников и отдельных деталей вакуумного насоса – термометром или рукой на ощупь. Допускается нагрев подшипников 55–60°C (до тех пор, пока не обжигается приложенная к подшипнику рука).

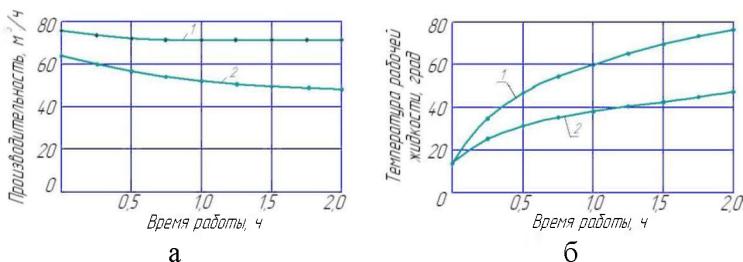


Рисунок 3.3.3.1.19 Характеристики вакуумного агрегата:

а) изменение производительности в процессе работы (1 – модернизированный; 2 – базовый); б) изменение температуры рециркуляционной жидкости

Пополнение жидкостного кольца через кольцевую выточку втулки максимально интенсифицирует скорость нагрева жидкости (до температуры 80°C за время дойки). Скорость нагрева оборотной жидкости при подаче ее в кольцевую выточку втулки рабочего колеса водокольцевого насоса превышает в 2 раза аналогичные показатели других систем подачи оборотной воды, так как жидкость попадает в рабочую область через узкий промежуток между лобовиной и ротором.

Ускоренный нагрев рабочей жидкости сопровождается повышением давления насыщенных паров и рабочего давления в полости всасывания и, как следствие, резким снижением производительности машины.

Для решения проблемы нагрева жидкости в конструкции, показанной на рисунке 3.3.3.1.20, рекомендуется направлять канал подвода жидкости непосредственно в рабочую область на сторону нагнетания. Рациональные диаметры отверстия подвода воды составляют 6–8 мм. Отверстие для подвода воды следует располагать в ячейке максимального объема на стороне угла сжатия на расстоянии 0,85 радиуса ротора.

Рациональный диаметр отверстия подвода воды вакуумного насоса составляет 7 мм. Скорость нагрева оборотной жидкости (0,5 град/мин) при подаче ее в кольцевую выточку втулки рабочего колеса водокольцевого насоса в 1,5–2 раза превышает аналогичные показатели других систем подачи рециркуляционной воды. Целесообразно патрубок подвода рециркуляционной воды выполнять наклонным по ходу вращения ротора (рис. 3.3.3.1.20б) [112–116].

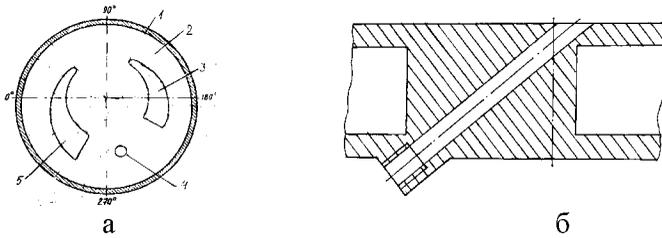


Рисунок 3.3.3.1.20 Подвод рециркуляционной воды:
 зона (1 – корпус; 2 – лобовина; 3 – окно нагнетательное; 4 – отверстие для подвода воды; 5 – окно всасывающее); б) наклон втулки

Недостатком жидкостно-кольцевой машины является большие затраты мощности на вращение жидкостного кольца вследствие влияния углового и радиального расположения канала для подвода воды в серповидное пространство. Снижение производительности является вследствие того, что внутренняя поверхность жидкостного кольца имеет различное удаление от оси рабочего колеса, способствуя выходу концов лопаток из жидкостного кольца и перетечкам воздуха из ячеек, в которых начинается сжатие, в ячейки максимального объема. Повышение коэффициента полезного действия жидкостно-кольцевой машины решается тем, что канал для подачи жидкости выполняется эксцентрично на резьбовой пробке, а лопатки ротора – утолщенными от торца к крышке ротора под углом 3–7 градусов. Эксцентричное расположение канала для подвода жидкости на резьбовой пробке позволяет регулировать его местоположение канала в зависимости от требуемого режима работы. Утолщение лопаток от торца ротора к его задней крышке обеспечивает максимальное удаление сжимаемого газа, вследствие дополнительного сжатия газа в продольном направлении (рис. 3.3.3.1.21).

Нагрев подшипников и сальников, корпуса насоса и производственной жидкости является признаком снижения производительности агрегата. Нормально затянутый сальник должен пропускать воду отдельными каплями. Сальники изнашиваются и требуют периодического поджатия сальниковой набивки. Однако их сильная затяжка ускоряет нагрев и повышает затраты энергии. Для сальниковой набивки применяется мягкий хлопчатобумажный просаленный шнур или шнуровой асбест. Нельзя применять пеньковую набивку, так как она повреждает вал вакуумного насоса. Смазка шарикоподшипников

водокольцевых вакуумных насосов осуществляется 3–4 раза в год солидолом. Один раз в год рекомендуется производить смену смазки. Убыль смазки из подшипников зависит от нагрузки на подшипник, температурного режима, свойств выбранной смазки. Ориентировочно дополнение смазки в подшипники следует производить через каждые 1500 часов работы. Во время работы насоса следует периодически проверять нагрев корпусов подшипников. Максимально допустимая температура подшипников должна превышать лишь на 20–30°C температуру окружающей среды.

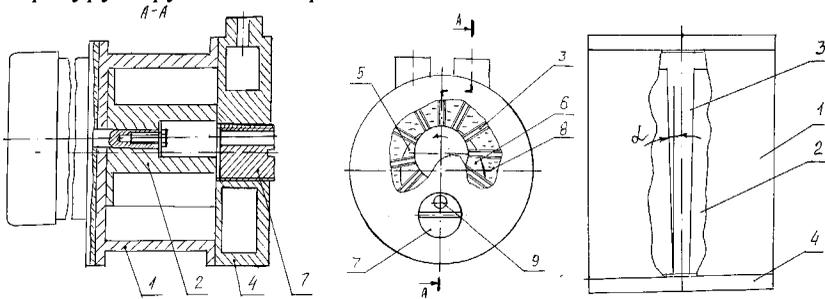


Рисунок 3.3.3.1.21 Насос с регулируемой зоной подвода жидкости: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопатка; 4 – лобовина; 5 – окно всасывающее; 6 – окно нагнетательное; 7 – резьбовая пробка; 8 – жидкостное кольцо; 9 – патрубок

В процессе эксплуатации вакуумных установок может возникнуть ряд отказов. Один из основных отказов – вакуумный насос создает малое вакуумметрическое давление. Снижение вакуума является следствием малой подачи воды или большого подсоса воздуха через щели соединений. В случае появления натекания атмосферного воздуха следует подтянуть болты фланцевых соединений и сальники вакуумного насоса. Если подтягивание упомянутых креплений малоэффективно, то целесообразно заменить соответствующие прокладки и сальниковые набивки. Появление больших зазоров наиболее часто возникает после разборки-сборки насоса. Большие зазоры в водокольцевом вакуумном насосе вызывают значительные перетечки воздуха из области нагнетания в область всасывания вдоль торцовых крышек.

Падение вакуума водокольцевого вакуумного насоса может вызвать перекокс подшипников. В этом случае нарушаются зазоры между ротором и крышками вакуумного насоса. Ротор, задевая торцевой ча-

стью крышки, образует на них задиры. Они способствуют перетеканию сжатого воздуха из полости нагнетания во всасывающую полость. В процессе монтажа и эксплуатации подшипник имеет так называемый начальный зазор; 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, с одной стороны, осуществлялось легкое вращение вала, а, с другой стороны – при температурном удлинении вала не защемлялись тела качения. Регулировку радиально-упорных и упорных подшипников приходится осуществлять во время их эксплуатации, чтобы компенсировать зазоры, образующиеся от износа. Следует учитывать, что отсутствие зазора, так же как и чрезмерно большой зазор, ускоряют износ подшипников. Нормальную работу подшипников обеспечивают свободное вращение колец и малые зазоры. Большой радиальный зазор в подшипнике, например, усиливает неравномерность распределения радиальной нагрузки между шариками или роликами.

Ротора 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

$$\delta_c = \delta_\phi + \delta_n = \frac{2}{3} \alpha L (t_{a0} + t_0) + 2f, \text{ мм}$$

где δ_ϕ – зазор у фиксированного подшипника.

Зазор на стороне подшипника с возможным осевым смещением

$$\delta_n = 0,8\delta_c$$

Зазор между ротором радиуса и стенкой цилиндра

$$\delta_r = \frac{2}{3} \alpha r (t_{a0} + t_0) + 2f,$$

где α – коэффициент температурного расширения; t_{a0} – температура газа в конце адиабатического сжатия; t_0 – температура всасываемого газа; f – толщина масляной пленки (0,1...0,2 мм)

Если же перекос подшипников отсутствует, а нарушен боковой зазор между торцами ротора и крышками вакуум-насоса, то следует отрегулировать величину торцевого зазора с помощью прокладок, гайкой или дистанционным кольцом (рис. 3.3.3.1.22). Положение ротора в корпусе (цилиндре) насоса двухстороннего действия (ВВН-3, ВВН-6), соответствующее равному с обеих сторон зазору, устанавливается дистанционным кольцом, укладываемым под подшипник со стороны свободного конца вала. Если во время разборки изменилось положение вала в колесе или толщина прокладок между лобовинами и корпусом, тогда толщина дистанционного кольца может быть установлена примерно следующим образом. Ударом по валу со стороны полумуфты сдвигают вал с колесом в корпусе насоса до упора колесом правой лобовины. Замеряют глубину (А) расточки корпуса подшипника под подшипник (рис. 3.3.3.1.22в) и расстояние (В) 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 (Т). Несоответствие толщины имеющегося дистанционного кольца с расчетной может быть устранено либо уменьшением толщины имеющегося кольца, либо применением дополнительных прокладок из листовой латуни или железа.

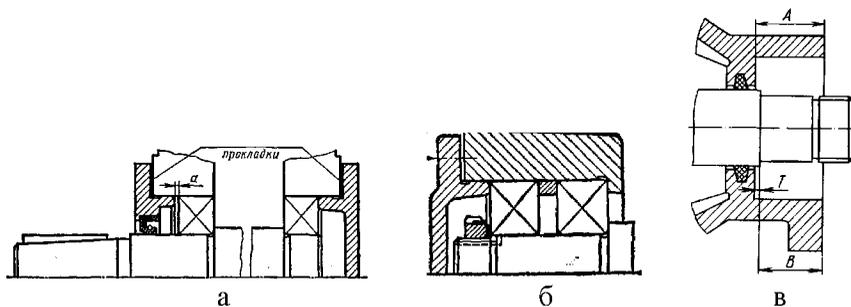


Рисунок 3.3.3.1.22 Способы регулировки торцевого зазора:
а) прокладками; б) гайкой; в) дистанционным кольцом

Первый профилактический осмотр насоса следует проводить через 2000–2500 часов его работы. Дальнейшая периодичность осмотров определяется состоянием поверхностей деталей и степенью загрязненности рабочих органов насоса – лобовин, корпуса, колеса.

Разбираемый насос должен быть освобожден от воды через спускные отверстия, а все прокладки аккуратно сняты и в случае повреждения заменены новыми такой же толщины. Разборку вакуумного насоса производят с помощью гидравлического стенда с ручным поршневым насосом (рис. 3.3.3.1.23а).

Для демонтажа подшипников (рис. 3.3.3.1.23б) используют также винтовые съемники: с двумя тягами или с тремя откидными тягами. При удалении подшипника из корпуса его нужно захватывать за наружное кольцо, а при снятии с вала – за внутреннее. Для того чтобы кольцо подшипника можно было захватить тягами съемника, буртики не должны быть чрезмерно большими по высоте. При высоких буртиках нужно предусматривать специальные пазы для размещения тяг съемника.

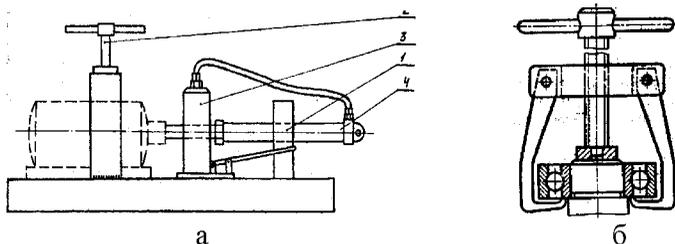


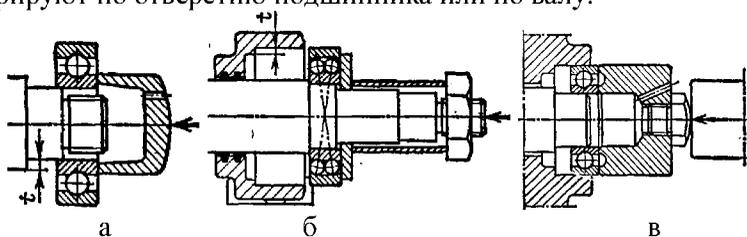
Рисунок 3.3.3.1.23 Приспособления для разборки насосов:
*а) гидравлический стенд (1 – рама; 2 – винт; 3 – насос;
4 – гидроцилиндр); б) съемник*

В подшипниках качения основные детали изготовлены очень точно и сопряжены подвижно друг с другом с очень малыми зазорами. Нормальная подвижность этих деталей и взаимная точность их движения может быть обеспечена выполнением ряда требований, как при монтаже подшипников, так и во время их эксплуатации. Для обеспечения большей точности посадки внутреннего кольца подшипника на вал и легкости его перемещения при монтаже целесообразно перед монтажом подшипник нагревать. Нагрев обычно производят в ваннах с минеральным маслом и электрическим подогревом. Температура масла не должна превышать 80–90°C. При монтаже подшипника необходимо прикладывать осевое усилие только к тому кольцу, которое при этом перемещается по сопрягаемой с ним детали, т. е. при установке подшипника на вал – к внутреннему кольцу, при монтаже в корпус – к наружному кольцам. В противном случае передача

усилия сопрягаемому кольцу будет происходить через тела качения (шарики или ролики), в результате чего рабочие поверхности деталей подшипника будут повреждены. В тех случаях, когда подшипник при монтаже одновременно сопрягается обоими кольцами, осевое усилие необходимо равномерно прикладывать как к внутреннему, так и к наружному кольцу. Во избежание перекоса кольца относительно поверхности, с которой оно сопрягается, необходимо пользоваться оправками, трубами или кольцами. Монтировать подшипники при помощи ударов по кольцу недопустимо, так как это может привести к перекосу колец, повреждению рабочих поверхностей деталей подшипника и даже к поломке тел качения. Кроме того, внутрь подшипника могут попасть мелкие металлические частицы, отламывающиеся от инструмента, которым наносятся удары.

На рисунке 3.3.3.1.24а показана установка подшипника на вал с помощью монтажного стакана, прикладываемая сила запрессовки к внутреннему кольцу подшипника. При установке подшипника на вал и в корпус (рис. 3.3.3.1.24б–в) используют специальный стакан, сила запрессовки которым передается одновременно на внутреннее и наружное кольца подшипника. Отверстия в монтажных стаканах предназначены для свободного выхода воздуха из внутренней полости стакана при запрессовке подшипника на вал.

Надежное крепление подшипника осуществляется шлицевой гайкой (рис. 3.3.3.1.24г–д), которая от самопроизвольного отвинчивания стопорится многолапчатой шайбой. Стопорная шайба имеет один внутренний выступ и шесть наружных выступов-лапок. Внутренний выступ шайбы заходит в специально выполненный паз на валу, а один из ее наружных выступов-лапок отгибается в шлиц гайки. Просто и надежно крепление торцевой шайбой. В этом случае штифт фиксирует шайбу от поворота относительно вала. Чтобы торцевые шайбы при высоких частотах вращения не вызывали дисбаланса, их центрируют по отверстию подшипника или по валу.



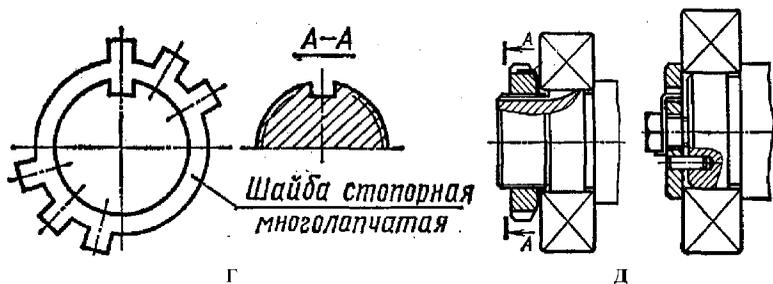


Рисунок 3.3.3.1.24 Схемы установки и крепления подшипников: *а-в) установка (а- на вал; б - в корпус; в - на вал и корпус); крепление (г - шлицевой гайкой; д - торцевой стопорной шайбой)*

Шпонки запрессовывают легкими ударами молотка. При этом надо (рис. 3.3.3.1.25) следить за тем, чтобы не произошел перекос шпонки, который приводит к врезанию ее кромки в тело вала или наоборот.



Рисунок 3.3.3.1.25 Последствия перекоса шпонки при ее постановке

Перед ввертыванием шпильки ее резьбу следует слегка смазать маслом. Шпилька должна быть сопряжена с резьбовым отверстием так плотно, чтобы при свинчивании даже туго посаженной на нее гайки, она не вывинчивалась из корпуса. Чаще всего это обеспечивают натягом в витках сбега. Важно, чтобы ось шпильки была перпендикулярна поверхности, в которую она ввернута. Неперпендикулярность вызывает дополнительные напряжения в резьбе шпильки и может быть причиной ее обрыва. Перекашиваются шпильки чаще всего в связи со сверлением отверстий и нарезанием резьбы при доделочных работах на сборке, когда это выполняется без кондуктора, при помощи дрелей. Неперпендикулярность шпилек обнаруживается угольником. Кроме того, обычно проверяют предельным шаблоном высоту выступающей над корпусом части шпилек. Перекошенные шпильки нельзя выправлять подгибанием, так как они при этом деформируются у корня и могут лопнуть при затягивании или в работе.

Если перекося вызван неправильным положением отверстия под шпильку, следует снять в нем резьбу рассверливанием, нарезать новую резьбу и поставить ступенчатую шпильку с резьбой разного диаметра на концах.

Для резьбового соединения важно, чтобы в теле шпильки или болта отсутствовали чрезмерные напряжения изгиба. Это возможно, если торцы болтов и гаек перпендикулярны осям резьбовых участков. Опыт показывает, что 95% случаев обрыва болтов происходят от перекося гаек. Гайка должна рукой свободно наворачиваться на болт до места затяжки. Если гайка свободно не наворачивается, то при затяжке можно сорвать резьбу или не получить достаточно плотного соединения деталей. Если гайка наворачивается слишком свободно, то при ее затяжке также можно сорвать резьбу. Если при закреплении одной детали применяется много гаек, то их следует затягивать в определенном порядке, иначе могут возникнуть перекося и коробление соединяемых деталей.

В тех случаях, когда резьбовые соединения обеспечивают герметичность, большое значение приобретают величина и равномерность затяжки всех соединений одной группы. Недостаточная затяжка не будет обеспечивать необходимой плотности соединения. Чрезмерная затяжка вызывает пластическую деформацию резьбы. При неравномерной затяжке соединений одной группы деформируются соединяемые детали, нарушается плотность соединения; недогрузка одних резьб вызывает перенапряжение других. Поэтому в технических условиях на сборку ответственных резьбовых соединений указывают предельные значения крутящего момента, развиваемого при затяжке гаек, болтов, винтов. Трудно обеспечить требуемую затяжку резьбовых соединений при пользовании обычными гаечными ключами.

Выбор соответствующей длины рукоятки ключа не может полностью решить эту задачу потому, что усилие, прикладываемое к рукоятке ключа, даже у одного и того же рабочего, может изменяться от различных причин. Для обеспечения требуемой величины крутящего момента наиболее часто применяют предельные и динамометрические ключи. Предельные ключи автоматически выключаются по достижении определенного, заранее заданного крутящего момента. Динамометрические ключи обеспечивают более высокую точность затяжки.

В двухроторных вакуумных насосах при изнашивании подшипников происходит смещение оси вращения роторов вниз, уменьшая радиальный зазор δ_{pk} . При изнашивании синхронизирующих шестерен происходит поворот роторов, уменьшающий профильный зазор δ_{pp} . Во избежание соприкосновения роторов или роторов и корпуса своевременно меняют шестерни и подшипники или регулируют их.

Величина зазоров между ротором и статором (рис. 3.3.3.1.26) обычно равна $0,004R$, а между роторами и торцевыми крышками – $0,006R$. 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. Проточный тракт таких насосов не совершенен. Воздух, поступающий через всасывающее окно, наталкивается на движущиеся в противоположном направлении поверхности роторов. В месте зацепления роторов через зазоры происходит утечка воздуха из пространства нагнетания в пространство всасывания. Вследствие отсутствия внутреннего сжатия сообщаемая воздуху работа пропорциональна перепаду давления.

Профильный зазор ($0,1 \dots 0,15$ мм) между роторами рассчитывают по формуле

$$\delta_{pp\min} = \Delta A + |\Delta R_{\min}| + |\Delta c_{\min}| + |\Delta A_{\min}|$$

где $\Delta A = \alpha \Delta t$ – увеличение межцентрового расстояния A в рабочем состоянии; α – температурный коэффициент линейного расширения материала торцевых крышек, в которых установлены подшипники; $\Delta t = t_{kp} - t_0$ – разность температуры крышки в рабочем состоянии и температуры, при которой была выполнена сборка компрессора (для компрессора принимается равной $40 \dots 60^\circ\text{C}$); ΔR_{\min} , Δc_{\min} , ΔA_{\min} – минимальные значения допуска на радиус, ширину впадины и межцентровое расстояние.

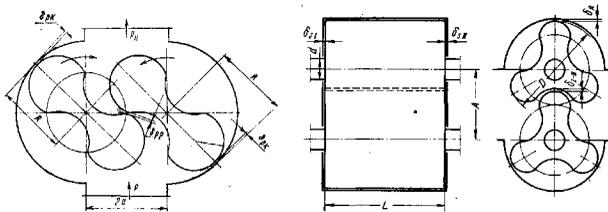


Рисунок 3.3.3.1.26 Зазоры двухлопастных роторов:

Радиальный зазор (0,05...0,09 мм) между корпусом и ротором (радиальный зазор) рассчитывают по формуле

$$\delta_{р\kappa \min} = |\Delta R_{\min}| + |\Delta R_{\kappa \min}| + |\Delta R_{\kappa} - \Delta R|$$

где $\Delta R_{\kappa \min}$ – минимальный допуск на радиус расточки корпуса; $\Delta R_{\kappa} = \alpha_{\kappa} R_{\kappa} \Delta t_{\kappa}$ – удлинение корпуса и ротора в радиальном направлении в рабочем состоянии; α_{κ} – 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

$$\begin{cases} \delta_{мж} = 0,5(|\Delta L_{\min}| + |\Delta L_{\kappa \min}|) \\ \delta_{мл} = 0,5(|\Delta L_{\min}| + |\Delta L_{\kappa \min}|) + |\Delta L_{\kappa} - \Delta L|(|\Delta L_{\max}| + |\Delta L_{\kappa \max}|) + (\Delta L_{\kappa} - \Delta L) \end{cases}$$

где ΔL_{\min} , $\Delta L_{\kappa \min}$ – минимальные значения допусков на длину ротора и корпуса; $\Delta L_{\kappa} = \alpha_{\kappa} L_{\kappa} \Delta t_{\kappa}$; $\Delta L = \alpha_p L \Delta t_p$ – удлинения корпуса и ротора в рабочем состоянии; ΔL_{κ} – длина корпуса; L – длина ротора.

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 (рис. 3.3.3.1.27а). 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 ($p \cdot V / t = \text{Па} \cdot \text{м}^3 / \text{с} = \text{Н} \cdot \text{м} / \text{с} = \text{Вт}$). При изотермическом процессе откачки

$p \cdot V = \text{const.}$ Дифференцируя это равенство, получим $Q = p(dV/dt) + V(dp/dt) = 0$. При постоянном объеме $Q = V(dp/dt)$. По кривой откачки (рис. 3.3.3.1.27б) определяется значение в каждый момент времени t_i , значение p_i и по $\text{tg}\varphi$ – значение (dp/dt) . Быстрота откачки насоса определяется уравнением $S_{ii} = \frac{Q_i}{p_i}$ (рис. 3.3.3.1.27в).

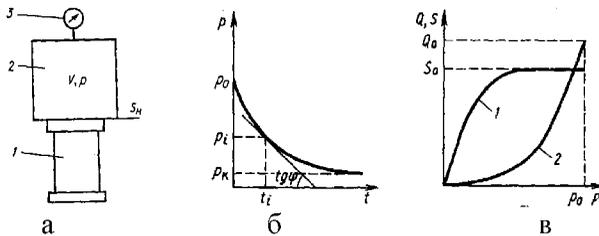


Рисунок 3.3.3.1.27 Схема установки и характеристики насоса:
 а) схема (1 – насос; 2 – откачиваемый объект; 3 – вакуумметр);
 б) изменение давления от времени откачки; в) быстрота откачки $S(1)$ и производительность насоса $Q(2)$ от давления на входе

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 $Q = p(dV/dt) = Sp$. 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_n вакуумного насоса при приближении к предельному давлению стремится к нулю

$$\begin{cases} Q = S_n p - Q_0 \\ Q_0 = S_n p_0 \end{cases} \rightarrow S = S_n (1 - p_0 / p)$$

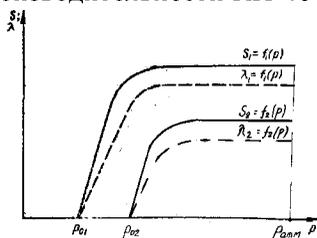
где Q_0 – поток натекающего воздуха; p_0 – предельное давление насоса.

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

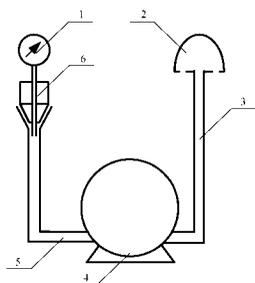
$$\begin{cases} S_1 = S_n(1 - p_{01} / p) \\ S_2 = S_n(1 - p_{02} / p) \end{cases} \Rightarrow S_1 / S_2 = (p - p_{01}) / (p - p_{02}) \rightarrow S_2 = S_1 \Delta p_2 / \Delta p_1,$$

где S_1 – быстрота действия насоса в начале эксплуатации; S_2 – быстрота действия насоса на момент проверки; $p - p_{01}$ или $p - p_{02}$ – вакуумметрические давления; Δp_1 – предельный вакуум насоса в начале эксплуатации; Δp_2 – предельный вакуум насоса на момент проверки.

Эта закономерность позволяет оценивать быстроту действия насоса вакуумметром. Для определения требуемого параметра достаточно зафиксировать предельное вакуумметрическое давление, развиваемое насосом, и рассчитать его быстроту действия по результату предыдущего контроля или заводским данным. Вакуумные насосы считаются работоспособными до снижения производительности на 20% от номинального значения. Оценку производительности и быстроты действия (рис. 3.3.3.1.28а) вакуумных насосов производят с помощью индикатора производительности КИ-4840 или расходомера.



а



б

Рисунок 3.3.3.1.28 Оценка производительности вакуумного насоса: а) изменение быстроты действия и коэффициента откачки насоса; б) схема измерения (1 – вакуумметр; 2 – глушитель; 3, 5 – патрубки; 4 – насос; 6 – индикатор)

3.3.3.2 Молочно-вакуумные системы

Качество молочно-вакуумных систем определяет во многом стабильность вакуумных режимов доения коров. Требования к стабильности вакуумных режимов ограничены жесткими рамками. Перепад давления между молокообборником и вакуумным насосом доильных установок должен составлять менее 3 кПа, а между молокообборником и точкой измерения на магистральном трубопроводе – менее 1 кПа. Перепад вакуумметрического давления между молокообборником 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. 3.3.3.2.1).

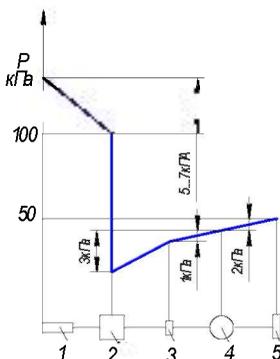


Рисунок 3.3.3.2.1 Допустимые потери давления:

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

Шероховатость поверхности стенок характеризуется величиной и формой выступов и неровностей и зависит от материала и способа изготовления и соединения труб. Она изменяется с течением времени в результате отложения осадков и ржавчины. Основной характеристикой шероховатости является абсолютная шероховатость Δ , представляющая собой среднюю высоту бугорков и выступов. Практически сложно оценить фактическую высоту выступов, поэтому пользуются понятием эквивалентной шероховатости $\Delta_{\text{эке}}$, под которой под-

разумевают такую однородную шероховатость, которая дает потери на трение, равные потерям при действительной шероховатости. Так как толщина вязкого подслоя δ 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. Поэтому зарубежные фирмы применяют пластмассовые трубы в качестве магистральных вакуумных трубопроводов (табл. 3.3.3.2.1).

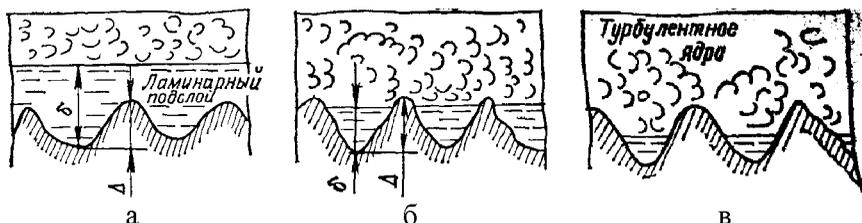


Рисунок 3.3.3.2.2. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы:

а) гладкие $\delta > \Delta_{эке}$; б) переходные $\delta \leq \Delta_{эке}$; в) шероховатые

$$\delta \ll \Delta_{эке}$$

Таблица 3.3.3.2.1

Значения относительной шероховатости

Труба	Состояние поверхности	$\Delta_{эке}$, мм
Стальная бесшовная	Без покрытия, новая и чистая	0,1
	Без покрытия после 3 лет эксплуатации	1,5
	Оцинкованная новая	0,15
	Оцинкованная после 3 лет эксплуатации	0,27
Стальная сварная	Новая и чистая	0,1
	После эксплуатации	0,15
Из алюминия	Новая, технически гладкая	0,06
Из стекла		0,0015
Пластмассовая		0,0015

Уклоны трубопроводов выполняют в сторону вакуумного баллона и молокоприемника (рис. 3.3.3.2.3). Высота расположения наиболее удаленного вакуумного трубопровода составляет 1820 мм.

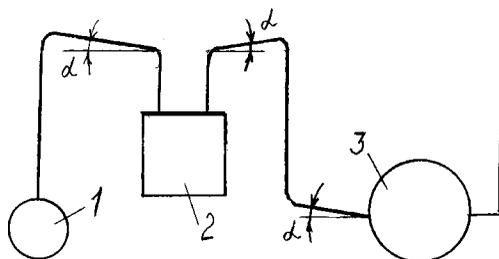


Рисунок 3.3.3.2.3 Уклоны участков вакуумного трубопровода:
 1 – насос вакуумный; 2 – баллон; 3 – молокоприемник

Отверстия под вакуумные краны установок с доением в ведра сверлят под углом 30° вверх от горизонтали с использованием кондуктора (рис. 3.3.3.2.4).

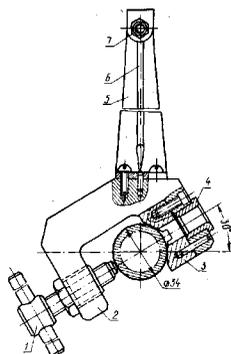


Рисунок 3.3.3.2.4 Кондуктор для сверления отверстий под краны:
 1 – винт; 2 – корпус; 3 – призма; 4 – втулка; 5 – кронштейн; 6 – стрелка; 7 – ось

Молочно-вакуумные краны должны быть установлены строго вертикально. Запрещается выполнять отверстия в этих кранах меньше нормативной величины или прожигать их в металлической трубе. Отверстия меньшего диаметра, имея меньшую проводимость, повышает частоту пульсаций пульсатора. Процесс засорения отдельных участков трубопроводов ускоряется в случае наличия монтажных заусениц в просверленных отверстиях как снаружи, так и внутри вакуумного трубопровода. Ухудшает вакуум в доильных стаканах и прожигание электро-сваркой отверстий под молочно-вакуумные краны (рис. 3.3.3.2.5).

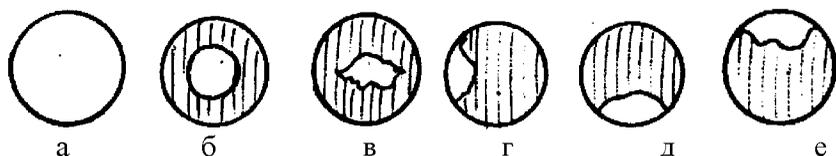


Рисунок 3.3.3.2.5 Нарушения исполнения отверстий:

а) совпадающие; б) малого диаметра; в) электросварочные; г-е) смещенные

Иногда на фермах при монтаже доильных установок АДС-200 совмещают транспортный молочный трубопровод с вакуумным молочным трубопроводом (рис. 3.3.3.2.6а). Такое совмещение повышает скорость движения молочной пробки и величину вакуума за ней. При этом в совмещенный трубопровод может попадать молоко и из приемной камеры дозатора. Иногда при монтаже молочные вводы (6) выполняют из труб диаметром 40 мм. А ведь к каждому из них подводится по два молочных трубопровода (3 и 7) диаметром 40 мм. Это снижает проводимость этого участка. При ремонте необходимо заменять молочные вводы трубами диаметром 50 мм. Таким образом, восстанавливается номинальная проводимость вакуумной магистрали.

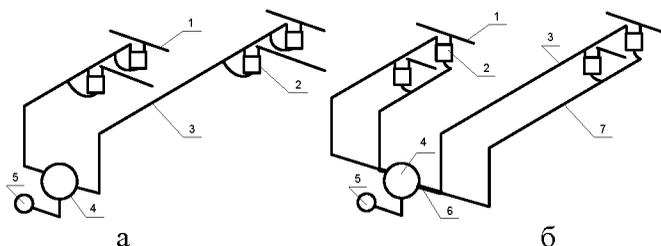


Рисунок 3.3.3.2.6 Схемы доильной установки АДС-200:

а) ошибочная (1 – рабочая ветвь молочного трубопровода; 2 – дозатор молока; 3 – вакуумный молочный трубопровод; 4 – молокоприемник; 5 – насос молочный; б – молоковод; 7 – молочный транспортный трубопровод); б) рекомендуемая

Децентрализованная вакуумная система (рис. 2.2.7а) надежная, поскольку выход из строя одного из насосов вызывает отказ только одной линии. Централизованная система откачки вакуумным насосом большой производительности менее энергоемкая. Основой централи-

зованной системы является магистральный трубопровод большего диаметра. Большая проводимость такого трубопровода (U) повышает коэффициент использования быстроты откачки (S_n) вакуумного насоса до максимального значения (рис. 3.3.3.2.7б), определяемого соотношением $K_u = U/(S_n + U)$. Кроме того, централизованные вакуумные системы менее металлоемкие. Ведь требованию стабильности вакуумного режима (отклонение вакуумметрического давления на 3 кПа восстанавливается в течение 3 секунд) соответствует система определенного объема. Этому требованию будет удовлетворять вакуумная система определенного объема. Объем централизованной вакуумной системы доильной установки можно определить по величине потока воздуха, просачивающегося в систему за фиксируемый период времени t_1 и продолжительности восстановления t_2 давления в системе (от p_2 до p_1). Окончательно система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} t_1 + t_2 = 3 \\ Qt_1 = V(p_2 - p_1) \rightarrow Sp_a t_1 = V(p_2 - p_1) \rightarrow t_1 = V(p_2 - p_1)/(Sp_a) \rightarrow V = 100 / [(2/S_n) + 25] \\ t_2 = (V/S_n) \ln(p_2 / p_1) \end{cases}$$

где V – объем вакуумной системы; S – скорость просачивания воздуха; p_1 – рабочее давление в системе доильной установки (38–47 кПа); p_2 – допустимое рабочее давление (50 кПа); t_1 – продолжительность просачивания воздуха; p_a – атмосферное давление (100 кПа); S_n – быстрота действия насоса.

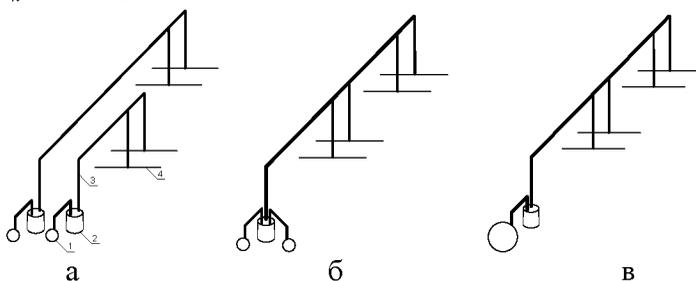


Рисунок 3.3.3.2.7 Принципиальные схемы вакуумных систем доения: а) децентрализованная (1 – насос вакуумный; 2 – баллон; 3, 4 – трубопроводы; б) централизованная с двумя вакуумными насосами; в) централизованная с одним вакуумным насосом

Максимальный объем централизованной вакуумной системы достигает 4 м^3 (рис. 3.3.3.2.8а). Экономия мощности на более крупных молочных комплексах является постоянной и составляет 25–27 кВт (рис. 2.2.8б). Централизованные вакуумные системы следует применять в первую очередь на крупных молочных комплексах. Они позволяют снизить потребляемую электроприводом мощность на 20–30%, а объем вакуумных систем и расход металла на 15–75%.

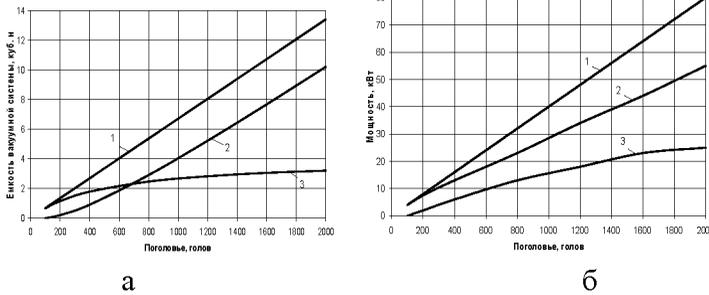


Рисунок 3.3.3.2.8 Характеристика вакуумных систем:

а) объемная (1 – емкость; 2 – экономия емкости; 3 – емкость централизованной системы); б) энергетическая (1 – мощность; 2 – мощность централизованной системы; 3 – экономия мощности)

Условие постоянства потока воздуха $S_o p_2 = U(p_2 - p_1) = S_n p_1$ подтверждает, что быстрота откачки определяется быстротой действия насоса и проводимостью трубопровода $S_o / S_n = U / (U + S_n)$. Если пропускная способность трубопровода значительно превышает быстроту действия насоса, то скорость откачки примерно равна скорости действия насоса (рис. 3.3.3.2.9). Если же проводимость трубопровода значительно меньше быстроты действия насоса, то быстрота откачки примерно равна проводимости трубопровода. Поэтому для повышения быстроты откачки желательно при постоянной скорости действия насоса увеличивать пропускную способность трубопроводов, то есть делать их большего диаметра (рис. 2.2.8а). Это техническое требование запрещает монтировать отдельные участки магистральных трубопроводов из отрезков труб малого диаметра. Например, диаметр молочного трубопровода доильных установок по прогнозным оценкам будет составлять 100–109 мм. Молочный трубопровод даже диаметром 70 мм выйдет из применения. Нарушение этих условий сни-

жает коэффициент использования насоса и увеличивает энергетические потери (рис. 2.2.9).

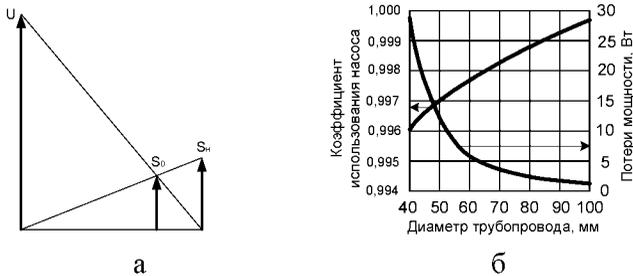


Рисунок 3.3.3.2.9 Характеристики вакуумной системы:

а) взаимосвязь быстроты откачки, проводимости трубопроводов и быстроты действия насоса; б) технико-экономические показатели

Кроме того, увеличенный диаметр молочного трубопровода снижает скорость транспортирования молока. При заниженных диаметрах молокопроводов молоко в процессе его транспортирования в молочных линиях подвергается сильным гидромеханическим воздействиям и влиянию воздуха. В процессе транспортирования молоко-воздушная смесь подвергается интенсивным механическим ударам, перемешиванию и сопровождается пенообразованием. Совокупное воздействие перечисленных факторов изменяет дисперсное состояние жировой фазы, образуя молочные зерна и кусочки жира, оседающие на внутренних поверхностях труб. Процесс образования жировых агломератов при турбулентном режиме потока молока в зависимости от продолжительности механического воздействия происходит при скоростях выше 6 м/с (рис. 3.3.3.2.10).

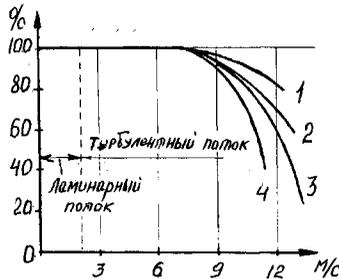


Рисунок 3.3.3.2.10 Содержания жира от скорости транспортирования:

1 – 5°C; 2 – 10°C; 3 – 15°C; 4 – 20°C

Характер изменения давления в вакуумных проводных системах различен при отсутствии запаса производительности вакуумного насоса и различных геометрических размерах вакуумных трубопроводов. Ошибкой, снижающей проводимость трубопроводов, является применение труб, согнутых без трубогиба (рис. 3.3.3.11а), и вертикальных (рис. 3.3.3.2.11б). Такие трубы и краны уменьшают проходное сечение или вызывают сплющивание вакуумного шланга в месте перегиба при доении в ведра (этим самым ухудшаются условия отсасывания воздуха из ведра и сосковой резины). Ошибкой является установка молочно-вакуумных кранов под углом (рис. 3.3.3.2.11в). Это ухудшает эвакуацию молока из коллектора доильного аппарата в молокопровод. Поперечное сечение отверстий снижает возможный поворот и в процессе эксплуатации молочно-вакуумных кранов. Уменьшению сечения трубопровода способствует постепенное его засорение мельчайшими частичками кормов, подстилками и навозом, а также микроорганизмами.

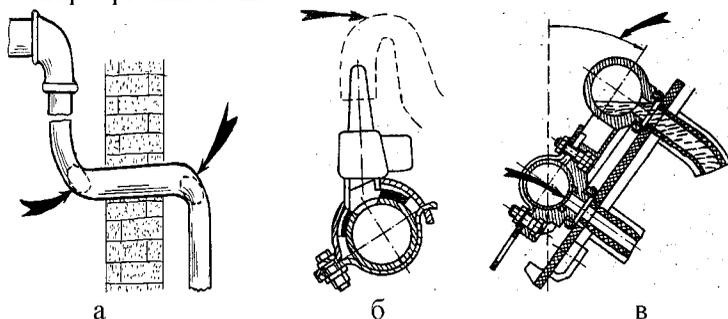


Рисунок 3.3.3.2.11 Признаки ухудшения проводимости труб:
 а) согнутая труба; б) вертикальный кран; в) наклонный кран

Засоренные трубопроводы увеличивают перепад давления. Работа же насоса при низком давлении более энергоемкая. Ведь максимальный расход мощными пластинчатыми вакуумными насосами также находится в диапазоне давлений 30–35 кПа. Засоренность вакуумного трубопровода возникает вследствие низкого качества монтажа и отрицательных воздействий внешней среды (наличие водяных паров в коровниках, мельчайших частичек кормов, подстилки и навоза). Так, во время монтажа часто допускается несоосность свариваемых участков вакуумного трубопровода. Скапливающаяся грязь в

вакуумном трубопроводе забивает со временем отверстие вакуумного крана, установленного вертикально вниз (рис. 3.3.3.2.12а), нарушая режимы доения. Затрудняет очистку узлов соединения вертикального стояка с горизонтальными рабочими трубопроводами применение угольником вместо креста (рис. 3.3.3.2.12б). Быстрому загрязнению вакуумных трубопроводов (рис. 3.3.3.2.12в) способствует отсутствие клапанов спуска конденсата. Вероятность засорения повышает наличие кривизны труб. Допустимая кривизна труб составляет всего 1,5 мм на 1 м его длины.

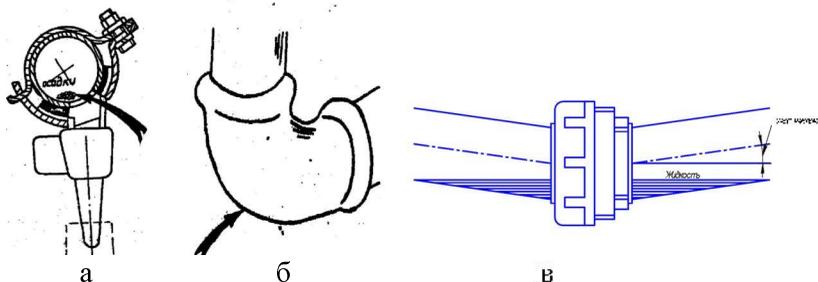


Рисунок 3.3.3.2.12 Признаки повышения засоренности системы:
а) вертикальный кран; б) отсутствие креста; в) прогиб труб

Операторы машинного доения допускают ошибку, продолжая доить коров в ведро, переполненное молоком. Молоко поступает в вакуумный трубопровод и загрязняет его, снижая проводимость отдельных участков трубопроводов и нарушая режим доения. Попадание молока во время процесса доения из доильного ведра в вакуумный трубопровод должно сопровождаться последующей промывкой его раствором каустической соды, горячей водой и просушкой воздухом. Фиксация резиновых шайб коллекторов в положении промывки также способствует всасыванию грязи в молочную линию при падении аппарата с вымени коровы.

Засоренность или снижение проводимости вакуумного или молочного трубопроводов целесообразно определять по разности вакуумметрических давлений. Для этого рекомендуется использовать ручку доильного аппарата с двумя закрепленными на ней вакуумметрами. Градуировка шкал преобразователей выделяет допустимые зоны изменения диагностируемых параметров доения коров. Схема использования такого приспособления представлена на рисунке 3.3.3.2.13. Наличие разно-

сти давлений в трубах при доении коров подтверждает засоренность линии с меньшим вакуумметрическим давлением.

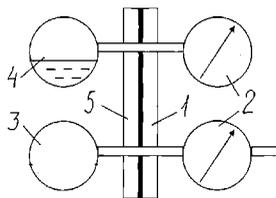


Рисунок 3.3.3.2.13 Диагностическое устройство измерения вакуума:
1 – ручка аппарата; 2 – вакуумметры; 3–4 – трубопроводы; 5 –
молочно-вакуумный кран

Наиболее часто снижению проводимости магистрального и рабочего вакуумных трубопроводов способствует монтаж их отдельных участков трубами малого диаметра – менее двух или полтора дюйма. Трубы такого диаметра меньше впускного и выпускного отверстий насоса (рис. 3.3.3.2.14а). Малый диаметр трубопровода снижает величины вакуума в нем сильнее, чем его длина. Поэтому уменьшение площади его сечения (в прогибах и технологических подъемах трубопроводов, местах установки резиновых трубок) также понижает вакуумметрическое давление ниже допустимой нормы. Допускается уменьшение магистрального трубопровода между третьей и четвертой ветками (рис. 3.3.3.2.14б), но не на двух сразу (например, между 2, 3 и 4 ветками).

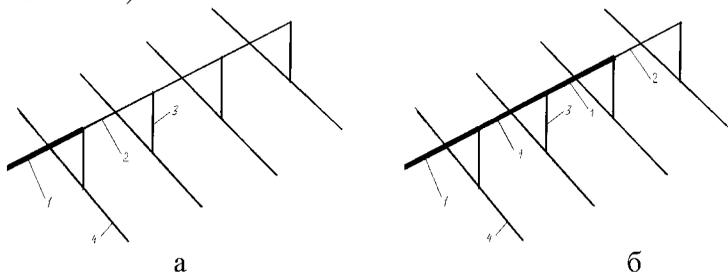


Рисунок 3.3.3.2.14 Участки магистрального трубопровода:
а) недопустимый (1 – труба (диаметр 50 мм); 2 – труба (диаметр 40 мм); 3 – стояк (диаметр 40 мм); 4 – трубопровод (диаметр 25 мм)); б) допустимый

На фермах с торцовым расположением молочного и вакуумного помещений снижению вакуума в наиболее удаленных кранах способ-

стствует соединение магистрального и рабочих ветвей в торце коровника (рис. 3.3.3.2.15а). Рациональной схемой является вывод магистрального вакуумного трубопровода на середину коровника (рис. 3.3.3.2.15б).

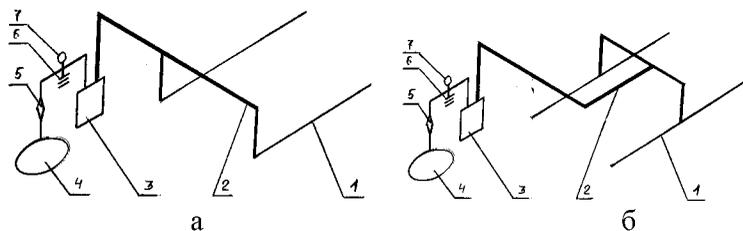


Рисунок 3.3.3.2.15 Участки магистрального трубопровода:

а) недопустимый (1–2 – трубопроводы; 3 – баллон; 4 – насос; 5 – предохранитель; 6 – регулятор; 7 – вакуумметр); б) допустимый

Одной из причин снижения вакуума (на 15–20%) в молочном трубопроводе является соединение только одного из двух задействованных вакуумных насосов с молочной магистралью (рис. 3.3.3.2.16а). Соединение молокоприемника одной трубой малого диаметра (40 мм) с магистральными трубопроводами усиливает колебания вакуума в системе стеклянных молочных труб (рис. 3.3.3.2.16б).

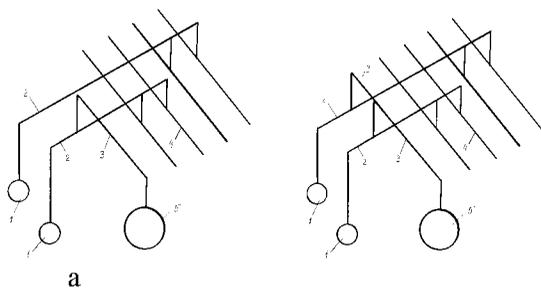


Рисунок 3.3.3.2.16 Нарушения подключения молокоприемника:

а) к одному вакуумному насосу (1 – вакуумная установка; 2–3 – трубопроводы (диаметр 40 мм); 4 – рабочая ветвь; 5 – молокоприемник); б) трубой малого диаметра (40 мм вместо 50 мм)

Нарушение стабильности вакуумных режимов доильных установок АДС-200 с боковым расположением молочного блока обуслов-

лено снижением проводимости транспортного и вакуумного молочных трубопроводов, когда вакуум в дозаторах создается лишь одним общим трубопроводом диаметром 40 мм, а второй трубопровод такого же диаметра служит для транспортирования молока в молокоприемник (рис. 3.3.3.2.17а). Восстановление вакуумных режимов при ремонте доильной установки возможно прокладкой дополнительного трубопровода (11) диаметром 40 мм. При этом короткий магистральный патрубок молокоприемника (12) должен быть диаметром 50 мм (рис. 3.3.3.2.17б).

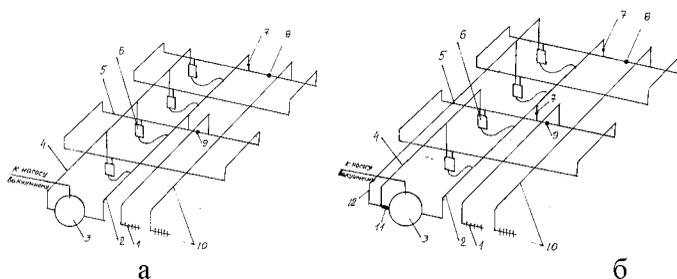


Рисунок 3.3.3.2.17 Схемы молочной линии доильной установки АДС: а) с нарушением проводимости (1, 10 – трубопровод промывочный; 2 – трубопровод транспортный; 3 – молокоприемник; 4, 12 – трубопровод; 5 – трубопровод молочный; 6 – дозатор молока; 7–9 – разделитель; 11 – патрубок); б) рекомендуемая

Эффективность использования мощности привода вакуумных насосов снижается по мере увеличения перепада давления между всасывающим патрубком и молочно-вакуумными кранами. Внешним признаком такого положения можно считать наличие, как правило, дополнительно устанавливаемых вакуумных насосов в доильных установках рассматриваемого технического состояния. Причем увеличение числа насосов (в 1,5–2,0 раза) оказывается малоэффективным. Особенно сложно проходит дойка коров на наиболее удаленных от вакуумного насоса молочных кранах. Основная причина такого положения – наличие дросселирующих вставок. Недопустимо наличие в вакуумной системе дросселирующих вставок на магистральном трубопроводе.

Колено (изгиб) на трубе постоянного поперечного сечения вызывает образование вторичного спиралеобразного течения (рис. 3.3.3.2.18а). Картина течения в колене и за ним усложняется также и

из-за возможности отрыва потока. Причина отрыва состоит в наличии отрицательного перепада давления (рис. 3.3.3.2.18а–б). 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. 3.3.3.2.18в)

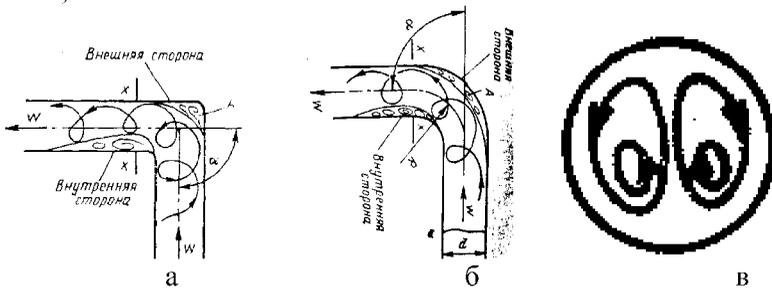


Рисунок 3.3.3.2.18 Движение потоков на изгибах трубопроводов: а–б) картина двухмерного течения в колене; в) винтовое движение

Сопротивление движению при ламинарном течении растет прямо пропорционально росту скорости (рис. 3.3.3.2.19а). Когда развивается турбулентность, то наблюдается сначала резкий скачок сопротивления, а затем с ростом скорости оно растет быстрее, чем для ламинарного течения. Скачок может достигать 100% или 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. Этими поверхностями являются выступающие внутри труб патрубки вакуумметров, регуляторов вакуума и точек измерения расхода воздуха (рис. 3.3.3.2.19б). По этой причине (рис. 2.2.19б) монтируют эти комплектующие друг от друга на расстоянии 5 диаметров трубы при ли-

нейном последовательном расположении или смещают их на достаточный угол по диаметру трубы (рис. 3.3.3.2.19в).

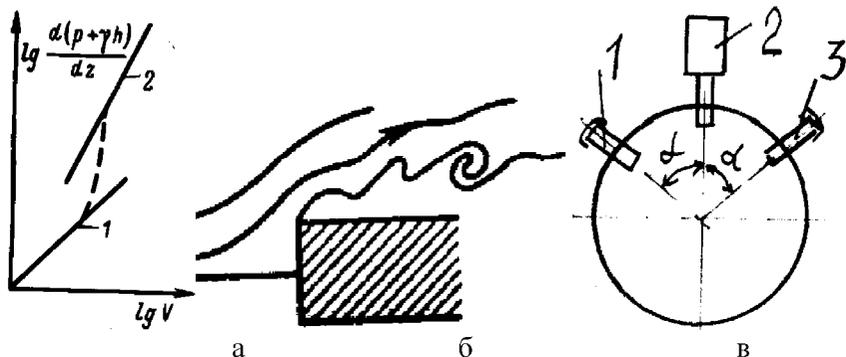


Рисунок 3.3.3.2.19 Характеристика турбулентности движения:

а) перепад давления при ламинарном и турбулентном течении в трубе (1 – ламинарное течение; 2 – турбулентное течение); б) образование вихрей на поверхности разрыва скорости; в) монтаж устройств (1 – точка присоединения расходомера; 2 – регулятор вакуума (вакуумметр); 3 – точка присоединения управляющего шланга)

Корпус вакуумного регулятора монтируют на горизонтальном участке всасывающего патрубка на расстоянии 500 мм от вакуумного баллона. Монтаж регулятора на вертикальном ответвлении (рис. 3.3.3.2.20а) или на большой высоте (рис. 3.3.3.2.20б) затрудняет замену масла, регулировку грузов, чистку колпаков и способствует их загрязнению. Также отрицательно сказывается на стабильности вакуумного режима навешивание груза большой массы (рис. 3.3.3.2.20д). Таким образом, ликвидируется резервный подсос воздуха и усиливаются колебания вакуума. Распространенной ошибкой является слабое закрепление магистрального вакуумного трубопровода и вакуумного баллона (рис. 3.3.3.2.20в). При работе эти узлы вибрируют. Вместе с ними вибрирует и регулятор, реагируя на амплитуду ускорения точек трубопровода. Бетонный фундаментный блок вакуумного насоса рекомендуется устанавливать на резиновую подушку (вибрации не передаются на пол, меньше шума). Упругая прослойка, размещенная под фундаментом установки, препятствует распространению колебаний в грунте. Чтобы создать виброизоляцию, собственная частота системы должна быть в несколько раз ниже частоты возбуждения.

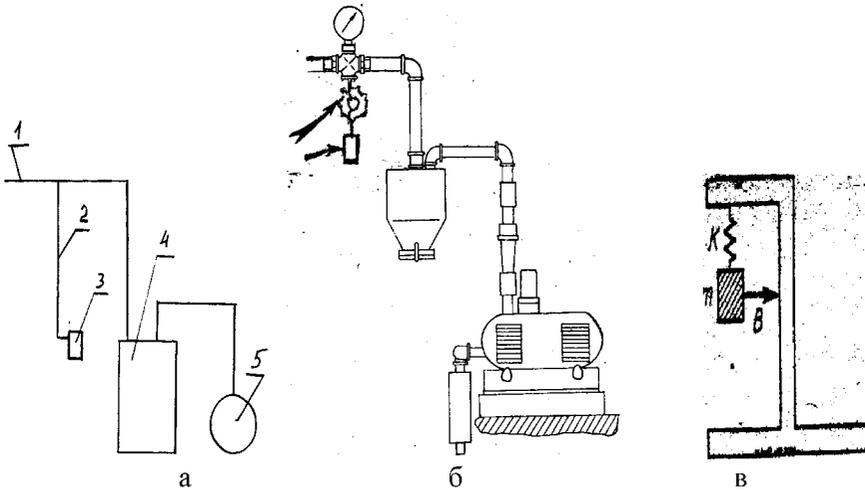
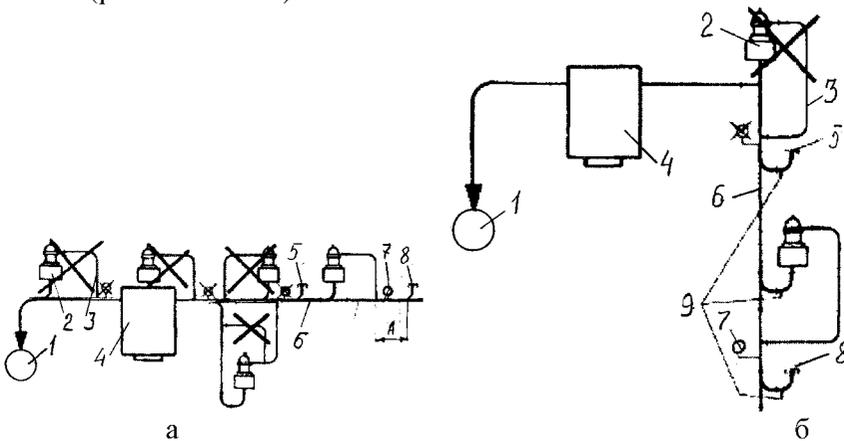


Рисунок 3.3.3.2.20 Ошибки монтажа вакуумного регулятора:

а) на ответвлении (1 – трубопровод; 2 – ответвление; 3 – регулятор; 4 – баллон; 5 – насос); б) после вакуумного баллона (1 – регулятор; 2 – баллон; 3 – насос); в) схема влияния колебаний трубопровода на движение клапана регулятора

Вакуумный регулятор устанавливают на магистральном трубопроводе ближе к молокоприемнику. Управляющий шланг вакуумного регулятора должен монтироваться на стороне молокоприемника (рис. 3.3.3.2.21).



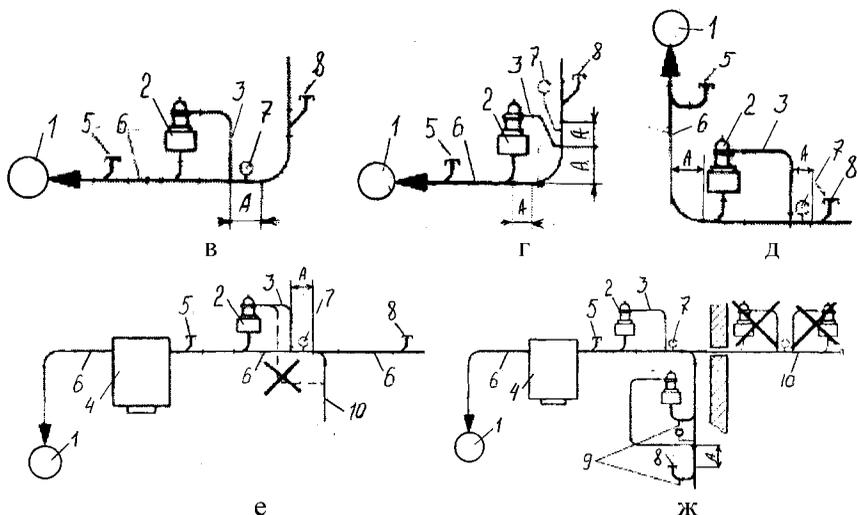


Рисунок 3.3.3.2.21 Вакуумный регулятор с управляющим шлангом: а) на горизонтальном магистральном трубопроводе; б) на вертикальном участке магистрального трубопровода; в-д) вблизи изгиба; е-ж) вблизи воздуховода пульсатора (1 – насос; 2 – регулятор; 3 – шланг; 4 – баллон; 5 – точка присоединения расходомера; 6 – магистральный трубопровод; 7 – вакуумметр; 8 – точка присоединения прибора для измерения вакуума; 9 – клапан дренажный; 10 – воздуховод пульсатора)

Диагностирование молочного насоса предусматривает контроль правильности установки соединительного шланга и герметичности соединений. Герметичность обеспечивается правильной сборкой деталей, без перекосов и их жестким креплением на посадочных местах. Исключается перекачка молока из молокоприемника шлангом, провисшим ниже оси насоса (рис. 3.3.3.2.22а). Нарушение этого требования почти прекращает перекачку молока или моющей жидкости. 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. Объемные потери насоса велики и поэтому исключается его работа со шлангом, имеющим прогиб шланга выше уровня жидкости (рис. 3.3.3.2.22б).

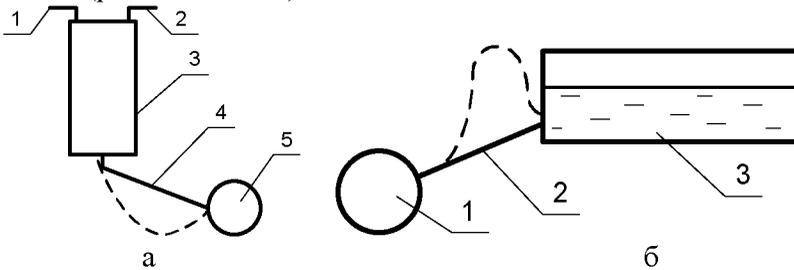


Рисунок 3.3.3.2.22 Схемы установки молочных насосов:

а) при откачке молока из молокоприемника (1 – насос; 2 – молокопровод; 3 – трубопровод; 4 – молокоприемник; 5 – шланг); б) из молочной цистерны (1 – насос; 2 – цистерна; 3 – шланг)

Гигиенически чистыми должны быть молокопроводящие пути доильной установки. Скорость отложения молочных осадков на внутренней поверхности пластмассовой трубы выше, чем на внутренней поверхности стального трубопровода. Пыжи, применяемые для удаления остатков молока из молочного трубопровода, следует промывать после окончания каждой дойки. Иначе при повторной промывке все загрязнения и бактерии, скопившиеся в пыже за период между дойками, размазываются по внутренним поверхностям труб. Главная точка попадания загрязнений, микробов и бактерий – это доильный стакан. Качество мойки молочных путей определяют четыре фактора – температура моющей жидкости, концентрация моющих растворов, продолжительность мойки и интенсивность механического воздействия (рис. 3.3.3.2.23а). Снижение величины любого из упомянутых факторов требует усиления степени воздействия других факторов. При мойке доильного и холодильного оборудования применяют три стадии – предварительное ополаскивание, основную промывку и ополаскивание. Что важно при предварительном ополаскивании? Растворить и удалить белок как можно скорее после окончания дойки. Ополаскивают все компоненты доильной установки теплой водой (40...50° С), представляющей собой смесь горячей и холодной воды. 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. Температура воды в рекуператоре должна быть менее 55° С (рис. 3.3.3.2.23б). Нарушение этого технического условия активизирует отложения солей (кальция) на внутренних поверхностях. Программированное управление нагревом промывочной жидкости с помощью автомата промывки энергетически выгодно (рис. 3.3.3.2.23в).

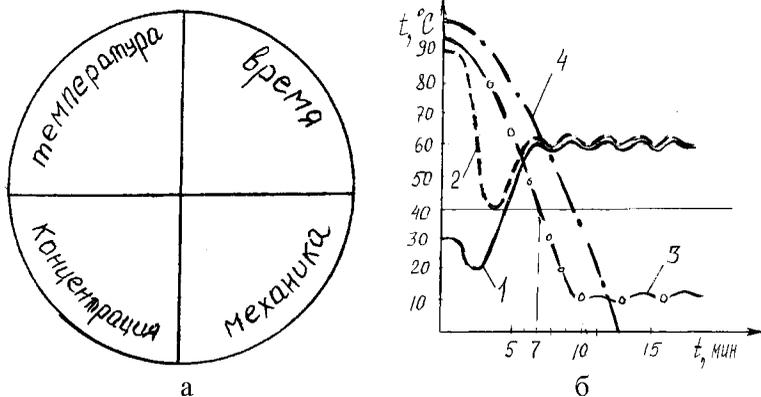


Рисунок 3.3.3.2.23 Основные факторы мойки:

а) схема факторов; б) динамика изменения температуры жидкости различным техническом обеспечении (1 – автомат промывки; 2 – малая емкость; 3 – промывка холодной водой; 4 – отсутствие подогревателя)

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. В связи с тем, что в Респуб-

лике Беларусь вода жесткая (содержится много железа и солей кальция), поэтому надо после каждой щелочной промывки применять кислотную промывку. Нормальная концентрация 0,5% от объема воды (0,4% - если хорошая вода, и 0,6% – если плохая вода). Это означает что на 100 литров надо 500 мл раствора. Причем если норма хороша для летних условий, то она может быть плохой зимой.

Кислоту и щелочь нельзя смешивать, потому что, например, при смешивании 17 граммов щелочно-кислотного раствора выделяется опасный для здоровья объем хлора. Нельзя смешивать также вещества (кислоту, щелочь) свежие и исчерпавшие допустимый срок хранения. Моющие средства не должны храниться при низких отрицательных температурах воздуха дольше 6 месяцев. Цель ополаскивания всех компонентов молочных путей холодной водой после основной мойки – это удалить остатки моющих средств. Холодная вода ухудшает условия для размножения бактериям. Предварительное ополаскивание сопровождается сливом жидкости, однократно прошедшей по замкнутому молочному контуру.

При вводе в эксплуатацию промываются все узлы, входящие в состав доильной установки: автомат промывки, сборный резервуар предварительной промывки, сборный резервуар основной промывки, молокопровод и молокоприемник (рис. 3.3.3.2.24а). После промывки всей системы раствор сливается в канализационный трап. Каждая точка молокопровода должна иметь уклон. Самая высшая точка молочного трубопровода при привязном содержании коров – не более 1,8 метра. Соблюдать монтажные уклоны (1%) необходимо по двум основным причинам. Во-первых, чтобы молоко текло под действием собственного веса. Во-вторых, чтобы мойка срабатывала правильно. Фильтры устанавливаются ближе к молочному насосу. При монтаже автомата промывки по первой схеме растет нагрузка на вакуумный насос, моющая жидкость распределяется между промывочными головками доильных аппаратов неравномерно. Рациональная схема – третья (рис. 3.3.3.2.24б). Моющая жидкость перемещается под собственным весом. Скорость движения моющей жидкости составляет 8 метров в секунду. Причина нехватки воды для крайних доильных аппаратов – это, во-первых, верхняя подача моющей воды, во-вторых, малое количество воды в автомате промывки, и, в-третьих, просачивание воздуха в автомат промывки. Чем ближе автомат промывки

смонтирован к доильному залу, тем более равномерно распределяется вода по доильным аппаратам.

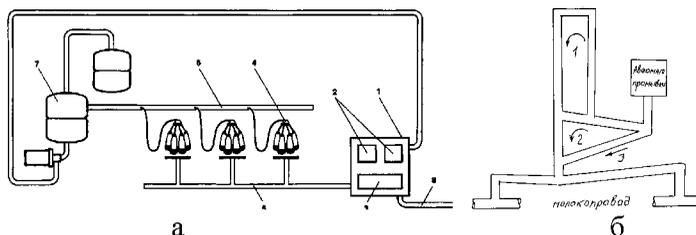


Рисунок 3.3.3.2.24 Циркуляционная промывка:

а) схема (1 – автомат промывки; 2 – дозатор химических веществ; 3 – проточный нагреватель; 4 – доильный аппарат; 5 – трубопровод промывки; б) варианты монтажа автомата промывки

Все процессы ежедневной санитарной обработки оборудования молочных ферм включают четыре стадии. Первая стадия – ополаскивание водой внутренних поверхностей оборудования (молочных трубопроводов, доильных аппаратов.) после окончания дойки. Для ополаскивания используется вода, подогретая до температуры 35–45°C. При более высокой температуре промывочной воды (65°C) альбумины и некоторые соли молока выпадают в осадок и прочно прилипают к поверхности. Более низкая температура промывочной воды содействует переходу жира в твердое состояние, увеличению вязкости молока и затруднению смыва его остатков. Вторая основная стадия – промывка молочных путей горячими моющими растворами с целью удаления загрязнения. Горячая вода быстрее смывает остатки химических веществ, убивает большинство бактерий, не образующих спор, исключая потребность дезинфекции оборудования. Третья стадия – промывка дезинфицирующими растворами с целью уничтожения микробов, находящихся в молочном камне и его порах. Их высокая химическая активность способствует ускоренному связыванию различных загрязнений и органических веществ. Кроме того, они энергично соединяют соли молока, очищая оборудование от молочного камня. Реагируя с неорганическими и органическими нерастворимыми солями молочного камня (или пригара), они действуют на соли, удаляемые водой. Аналогичным образом кислоты действуют и на со-

ли жесткости воды, также перевода их в растворимое состояние. Однако после промывки часть раствора может остаться на поверхности оборудования. Для полного удаления моющего раствора предназначена четвертая стадия – промывка теплой водой перед началом очередного доения.

Доильные установки плохо работают из-за загрязнения вакуумпроводов, которое ведет к уменьшению их сечения и снижению величины вакуума. Промывка однократным просасыванием жидкости через трубопровод с помощью вакуума полностью не восстанавливает нормальную работу доильной установки. Применение циркуляционной мойки требует существенного изменения вакуумной системы. Как показала практика для промывки целесообразно использовать передвижной агрегат (рис. 3.3.3.2.25), обслуживающий доильные установки. Если старым способом на промывку вакуумного трубопровода затраты труда составляли 2,34 чел.ч, то при использовании агрегата они снижены до 0,6.

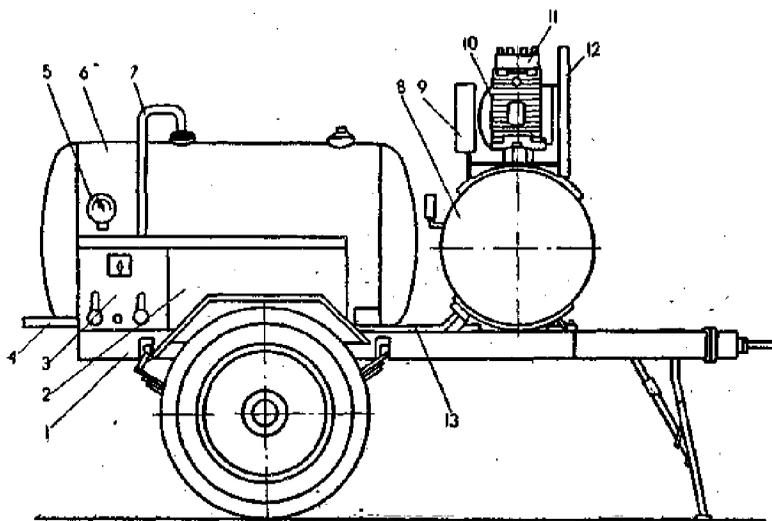
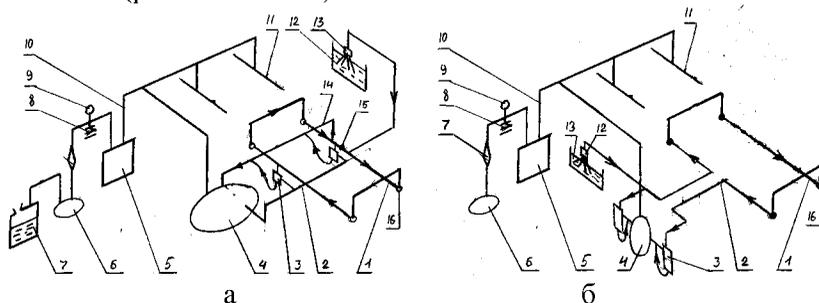


Рисунок 3.3.3.2.25 Агрегат для промывки вакуумных трубопроводов: 1 — прицеп одноосный; 2 — ящик для кабеля; 3 — щит управления; 4, 7, 13 — трубопроводы; 5 — манометр; 6 — цистерна; 6 — ресивер; 9 — привод компрессора; 10 — электродвигатель; 11 — компрессор; 12 — ограждение

Промывка доильных аппаратов с доением в ведра (рис. 3.3.3.2.26) проводится в течение 5–7 минут. Промывке предшествует наружный обмыв подвесной части доильных аппаратов. Затем их опускают в пластмассовые ведра с моющей жидкостью и фиксируют насадки на штуцере внутренней стороны крышек. Вакуумные шланги доильных аппаратов подключают к кранам трубопровода. Вакуумметрическое давление в ведрах поднимает моющую жидкость из пластмассовых ведер по молочным шлангам в доильные ведра. Жидкость разбрызгивается, промывает их внутреннюю поверхность и затем (при напуске атмосферного воздуха в доильные ведра) сливается в пластмассовые ведра. Завершают процесс промывки моющей жидкостью ополаскиванием внутренней поверхности доильных аппаратов горячей водой и (перед каждым доением) – теплой водой в течение 2–3 минут.

Моющий раствор при промывке молочных трубопроводов доильной установки типа АДС-100 движется по цепочке: «ванна с моющим раствором – доильный аппарат – молочный трубопровод – дозаторы – транспортный трубопровод – молокоприемник» (рис. 3.3.3.2.26а). Направление движения определяет установка соответствующих разделителей потока. Моющий раствор при промывке молочных путей доильной установки типа АДМ проходит по кольцу: «ванна – доильный аппарат – молочный трубопровод – дозатор – молокоприемник» (рис. 3.3.3.2.26б). Промывка молокопроводящих путей доильной установки со стационарными доильными аппаратами производится путем установки доильных стаканов (1) на мочные головки (2). Мочный раствор протекает по цепочке «автомат промывки – мочная головка – стакан доильный – счетчик молока – трубопровод молочный – молокоприемник – молочный насос – автомат промывки» (рис. 3.3.3.2.26в).



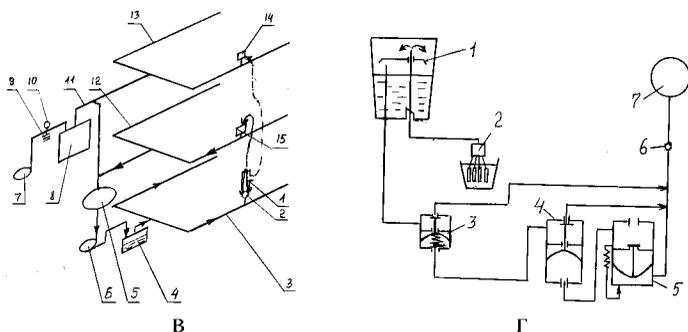


Рисунок 3.3.3.2.26 Промывка элементов доильных аппаратов:

а) установки АДС-100 и АДМ-8 (1, 2, 10–11, 14 – трубопроводы; 3 – дозатор молока; 4 – молокоприемник; 5 – баллон; 6 – насос; 7 – емкость; 8 – регулятор; 9 – вакуумметр; 12 – ванна; 13 – аппарат доильный; 15–16 – разделители.); в) автоматизированная установка (1 – стакан доильный; 2 – головка моечная; 3, 11–13 – трубопроводы; 4 – автомат промывки; 5 – молокоприемник; 6 – насос молочный; 7 – насос вакуумный; 8 – баллон; 9 – регулятор; 10 – вакуумметр; 14 – пульсатор; 15 – счетчик молока); д) доильное ведро (1 – насадка; 2 – подвесная часть; 3 – пульсоусилитель; 4 – клапан; 5 – пульсатор; 6 – кран; 7 – насос)

Диаграмма процесса санитарной обработки включает три этапа: предварительную промывку, санитарную обработку и ополаскивание (рис. 3.3.3.2.27). Предварительная промывка состоит из операции промывки холодной и теплой водой. Ополаскивание производят дважды холодной водой. Санитарно-техническая обработка молочных путей автоматизированных доильных установок проводится после каждой дойки и эпизодически – при пуске в эксплуатацию, подготовке раствора основной промывки и окончании цикла основной промывки. После ввода в эксплуатацию промывка производится после каждой дойки. Промываются молочные трубопроводы и доильные аппараты. Возможны различные варианты промывки: ополаскивание водой – промывка моющим раствором – ополаскивание (рис. 3.3.3.2.27а); ополаскивание водой – промывка моющим раствором – промывка дезинфицирующим раствором – ополаскивание (рис. 3.3.3.2.27б); ополаскивание водой – промывка моющим раствором – слив моющего раствора в сборный резервуар – промывка дезинфицирующим раство-

ром – слив дезинфицирующего раствора в резервуар – ополаскивание (рис. 3.3.3.2.27в). В штабельной схеме промывки моющие и дезинфицирующие растворы не сливаются сразу в канализационный трап, а в целях экономии используются многократно (14 раз). После четырнадцатикратного использования моющий раствор с помощью насоса промывает систему и удаляется в канализационный трап (рис. 3.3.3.2.27). Как видно, во всех схемах жидкость проходит через автомат промывки. Он состоит из резервуара для жидкости с электронагревательными спиралями, вакуумного насоса и блока клапанов.

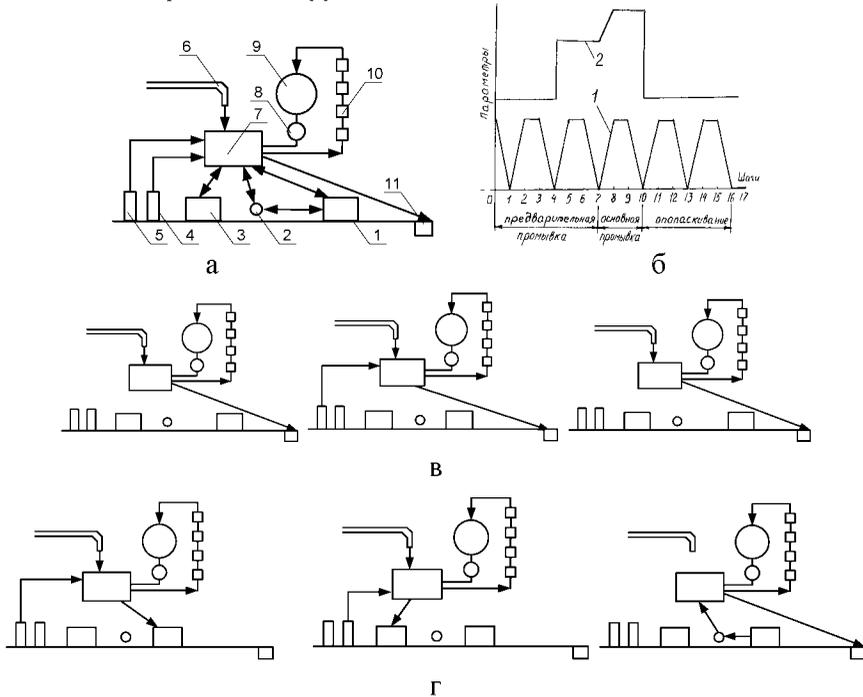


Рисунок 3.3.3.2.27 Этапы промывки молочных трубопроводов:
а) ввод в эксплуатацию (1 – резервуар моющего раствора; 2 – насос; 3 – резервуар кислотного раствора; 4 – дезинфицирующие средства; 5 – моющие средства; 6 – водопровод; 7 – автомат промывки; 8 – насос молочный; 9 – молокоприемник; 10 – доильные автоматы; 11 – канализационный трап); б) диаграмма (1 – изменение массы промывочной жидкости; 2 – температура жидкости); в) схемы; г) штабельная промывка

Принцип промывки кипящей водой основан – в противоположность к циркуляционной промывке, где используются химические моющие вещества – на стерилизации с помощью нагрева (рис. 3.3.3.2.28). Важнейшей предпосылкой является то, что все элементы доильной установки нагреваются до 77°С и выдерживаются при этой температуре, как минимум, две минуты. Весь процесс промывки длится от пяти до шести минут. Горячая вода не циркулирует в установке, а после однократного прохождения сразу же откачивается. В зависимости от жесткости воды, в неё добавляется небольшое количество кислотного раствора, чтобы избежать минеральных отложений на поверхности частей. Наряду с эффективностью промывки, следует особо подчеркнуть экологичность промывки кипящей водой, поскольку при ней не используются вредные химикаты. Промывка кипящей водой может быть применена, как правило, в каждой доильной установке, если узлы доильной установки температуроустойчивые и произведен правильный расчет необходимого количества воды.

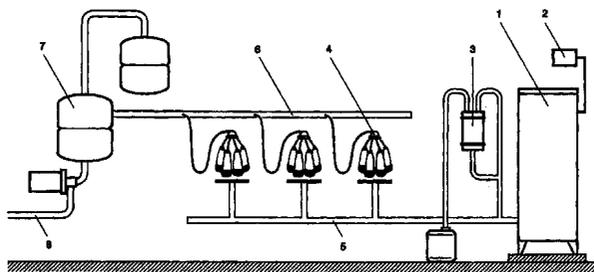


Рисунок 3.3.3.2.28 Схема промывки кипящей водой:

1 – бойлер горячей воды; 2 – блок управления; 3 – дозатор умягчителя воды; 4 – доильный аппарат; 5 – трубопровод промывки; 6 – молокопровод; 7 – молокосорбник; 8 – слив воды после промывки

В установках с линейным молокопроводом требуется около 1,5 литра воды на один погонный метр. В доильных залах потребность в воде составляет 9 литров на один станок при диаметре молокопровода 52 мм и 10 литров при наружном диаметре 76 мм. Если доильный зал оборудован приборами измерения количества молока, то потребность в воды составляет 14 литров на каждое доильное место. Стальные резервуары горячей воды объемом 100...500 литров защищают от коррозии двухслойным эмалированным покрытием и снабжают

теплоизоляцией толщиной 80 мм от потерь тепла во время работы. Время нагрева зависит от количества воды и ее входной температуры.

Таблица 3.3.3.2.1 Время нагрева (часов) воды в зависимости от начальной температуры и ее количества

Емкость, литров	Без рекуперации (10°/97°)	С рекуперацией (45°/97°)
90	2,25	1,25
150	3,50	2,00
230	5,25	3,25

Кроме правильного количества воды, решающее значение для функционирования имеет расчет параметров трубопровода промывки. Для доильных залов до 2х6 между резервуаром и доильными местами требуется трубопровод промывки диаметром 32 мм. Для более крупных доильных залов устанавливают два соединительных трубопровода или один трубопровод промывки диаметром 40 мм. Требуемое количество кислотного раствора определяется в зависимости от размеров доильного зала и жесткости воды, идущей через шаровый кран (3) (табл. 3.3.3.2.2). Переходник (5) обеспечивает, что объем раствора будет дозироваться в течение первых двух минут. Диаметр переходника выбирается в зависимости от данного объема раствора и лежит в диапазоне от 1,2 до 2,0 мм.

Таблица 3.3.3.2.2 Требуемое количество кислотного раствора

Число доильных аппаратов	Количество кислотного раствора, литров	Диаметр переходника, мм
4	0,85	6,4
6	1,15	8,0
8	1,40	9,5
10	1,70	11,0
12	2,00	13,0

Умягчитель поставляется в виде порошка в мешках по 1,4 кг. Для приготовления раствора содержимое мешка растворяют в 23 литрах теплой воды. Для эффективной промывки нагревают все контак-

тирующие с молоком элементы установки на две минуты до требуемой температуры 77 °С. В качестве контроля на критические узлы установки (доильный аппарат, резервуар для сбора молока, конец напорного молокопровода) наклеивается термобумага. При достижении определенной температуры (71°С, 77°С и 82°С) цвет термобумаги изменяется с серого на черный. В каждой контрольной точке с помощью прозрачной клеящей ленты крепятся небольшие кусочки каждой температурной ступени. При последующем ополаскивании установки горячей водой с температурой 77°С контролируют достижение предписанной температуры в каждой точке измерений. Обязательно проверяют равномерность распределения горячей воды при температуре 97°С, поскольку под вакуумом распределение холодной воды может быть полностью другим.

Перед промывкой удаляют остаточное молоко из молокопроводов. Переводят доильные аппараты в положение промывки, очищают от внешних загрязнений и открывают запорные клапаны шлангов или запорные приспособления на молокосборниках. Открывают запорные клапаны на оконечном устройстве и молочные фильтры. Снимают шланг фильтра и вставляют поворотную трубу танка в слив. Открывают клапаны (1) и (3), пока раствор не наполнится. После этого закрывают клапаны (1) и (3), а также одновременно открывают шаровой кран на резервуаре воды и клапан (2) (рис. 3.3.3.2.29б).

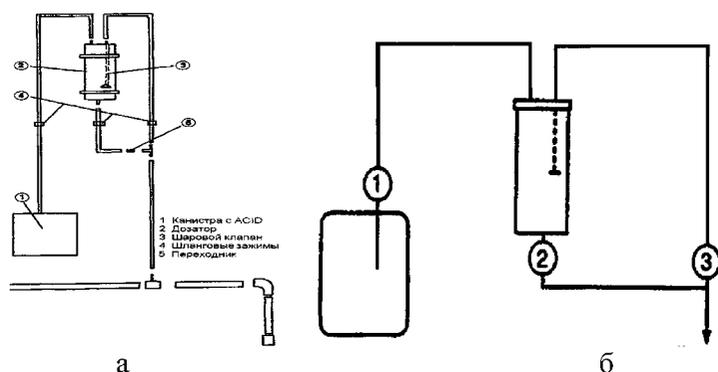


Рисунок 3.3.3.2.29 Промывка горячей водой:

а – дозатор для промывки кипящей водой (1 – канистра с кислотным раствором; 2 – дозатор; 3 – шаровой клапан; 4 – шланговые зажимы; 5 – переходник; б – операции перед промывкой

Промывают систему 6 минут и закрывают шаровой кран, а также клапан шланга (2). Поднимают доильные аппараты из положения промывки и закрывают запорные клапаны шлангов или запорные приспособления на молокосборниках. Отложения на нагревательных элементах, образующиеся в зависимости от жесткости воды, удаляют с помощью процедуры удаления извести. В зависимости от качества воды эти отложения могут иметь различные формы проявления: равномерное покрытие, аналогично слою эмали, равномерное покрытие в виде пудры или неравномерное покрытие в виде волн и наростов. Наполняют резервуар водой до покрытия нагревательных элементов и добавляют умягчитель.

Включают нагреватель в работу на 30 мин (электроды уровня закоротить) и, заполнив резервуар водой, выключают нагревательные элементы. Через 10 минут, опорожнив резервуар через сливной патрубок, ополаскивают его чистой водой. Один раз в неделю проверяют состояние реле времени и при необходимости регулируют.

Кроме промывки молочных трубопроводов предусматривается промывка резервуаров молокоохладительных установок. Эта промывка производится после каждого централизованного вывоза молока. Простейший процесс автоматизированной промывки резервуаров охладителей молока состоит из 3 стадий: ополаскивание (рис. 3.3.3.2.30а); промывка моющим раствором (рис. 3.3.3.2.30б); промывка циркулирующей водой (рис. 3.3.3.2.30в). Ополаскивание начинает и завершает процесс.

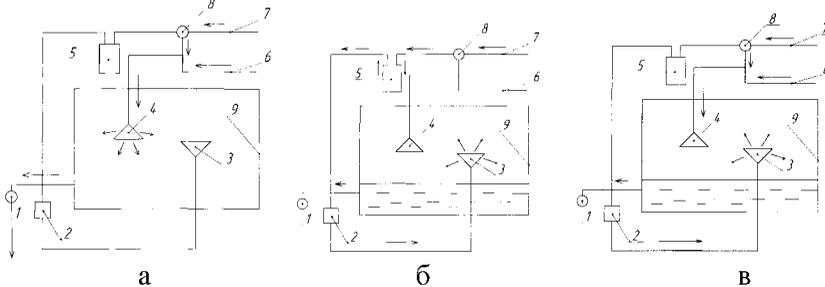


Рисунок 3.3.3.2.30 Процесс промывки резервуаров охладителей:
 а) ополаскивание (1 – клапан сливной; 2 – насос водяной; 3–4 – го-
 ловки промывочные; 5 – бачок для моющего раствора; 6 – трубопро-
 вод холодной воды; 7 – трубопровод горячей воды; 8 – кран; 9 – ре-
 зервуар); б) промывка моющим раствором; в) промывка водой

Нарушение технологии подготовки моющих растворов и периодичности мойки ухудшает техническое состояние стеклянных труб молочного трубопровода и пластмассовых корпусов коллекторов. Они темнеют, затрудняя визуальный контроль окончания доения и увеличивая передержки аппаратов. Мойка сосковой резины и молочных шлангов моющими растворами высокой концентрации ускоряет их старение и способствует появлению трещин. Скорость протекания моющих растворов должна превышать 0,9 м/с, соответствуя конструкции трубопроводной системы. Наличие высоких подъемов и провисаний молочных и вакуумных трубопроводов изменяет скорости протекания моющей жидкости. Визуальный контроль санитарного состояния молочного оборудования должен осуществлять заведующий фермой ежедневно в периоды между дойками коров, осматривая внутренние поверхности сосковой резины и молочных шлангов, коллекторов и молочных трубопроводов, фильтров и прокладок ведер. Чистоту резиновых шлангов и трубопроводов проверяют пробной протиркой их внутренних поверхностей ершом. Наличие видимых следов молочных остатков, запаха, слизистых или минерализованных отложений свидетельствует о плохом санитарном состоянии оборудования. Резкое снижение качества молока требует внеочередной оценки бактериальной обсемененности внутренних поверхностей оборудования.

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 молокосборник, стекает струйками (рис. 3.3.3.2.31а) по соединительному патрубку в ближний дозатор. В результате происходит двойной учет молока одним из дозаторов. Ситуация, отображенная схемой на рисунке 3.3.3.2.31б, свидетельствует о неверной настройке крайнего справа дозатора. Укороченный шланг дозатора применяется с целью обеспечения больших показаний надоев для доярки. Надой молока, зафиксированный крайним справа счетчиком, больше. Это обусловлено тем, что объем молока в мерной камере дозатора и шланге должен составлять 1 л. Длина шланга при этом должна быть около 800 мм. Чем меньше длина шланга, тем меньше молока в шланге и наоборот. Однако счетчики молока фиксирует 1 л молока за один цикл опорожнения в том и другом случае.

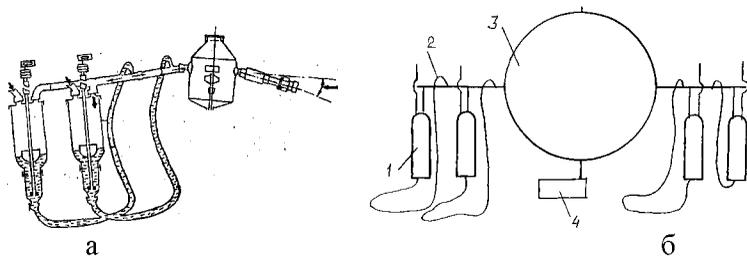


Рисунок 3.3.3.2.31 Схемы нарушений эксплуатации счетчиков:
а) обратный уклон при монтаже дозаторов молока; б) укороченный молочный шланг (1 – дозатор; 2 – шланг; 3 – молокоприемник; 4 – насос молочный)

Диагностика узлов молочно-вакуумных систем (герметичность молочно-вакуумных кранов, деталей молокоприемника и молочного насоса, состояния стеклянных труб и вакуумметров, положение подъемных петель молочного трубопровода) должна проводиться слесарем фермы при ежедневном техническом обслуживании. 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 диагностики доильной установки слесарем в коровнике на 200 животных приведена на рисунке 3.3.3.2.32. Натекания воздуха могут происходить через муфтовые соединения молочных трубопроводов (рис. 3.3.3.2.32а), так как в процессе эксплуатации манжеты теряют свою упругость и эластичность из-за старения, воздействия перепадов температур, моющих растворов. В процессе эксплуатации протираются оболочки и амортизаторы переключателей (рис. 3.3.3.2.32б) и молочно-вакуумных кранов (рис. 3.3.3.2.32д), возникают трещины в мембранах пневматических камер подъемных петель молочных трубопроводов (рис. 3.3.3.2.32в), что также приводит к натеканиям воздуха. Появление воздушных пузырей в молокоприемнике при откачке молока является поводом для контроля технического состояния уплотнения молочного насоса вследствие повреждения уплотнительных колец и манжет или нарушения герметичности соединения всасывающего шланга или обратного клапана (рис. 3.3.3.2.32г). Подсос воздуха часто возникает в соединениях вакуумных труб с вакуумным баллоном (рис. 3.3.3.2.32е).

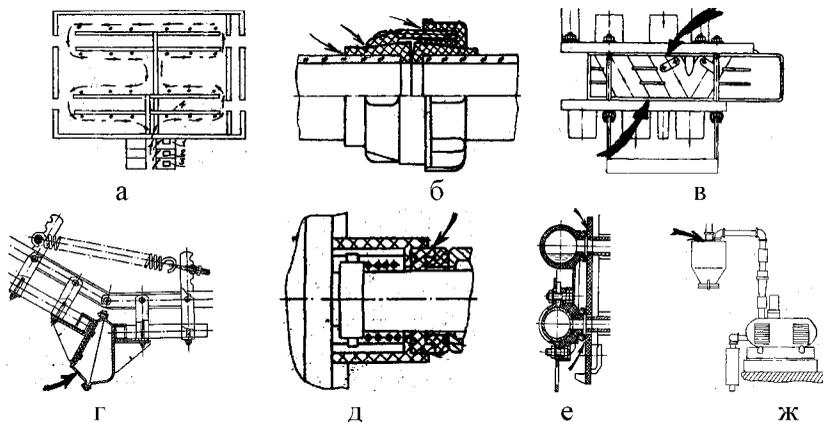


Рисунок 3.3.3.2.32 Возможные места подсоса воздуха:

а) схема маршрута слесаря при диагностике доильной установки (1 – моечное оборудование; 2 – молочное оборудование; 3 – насосы; 4 – молокопровод; б) муфтовое соединение молочного трубопровода); в) разделитель; г) пневматическая камера; д) уплотнение молочного насоса; е) молочно-вакуумный кран; ж) вакуумный баллон

Таблица 3.3.3.2.4 Периодичность диагностирования системы

Основные операции	Ежедневно (слесарь)	Ежемесячно (звено)	Два раза в год (звено)
1. Наличие подсосов воздуха в места соединений элементов и величина вакуума в молокопроводной системе	+		
2. Засоренность вакуумного трубопровода			+
3. Состояние прорезей подсоса воздуха штоков дозаторов, посадочных мест клапанов спуска конденсата	+		
4. Состояние деталей молочного насоса и охладителя			+
5. Работоспособность подъемной части молокопровода		+	
6. Наличие молочного камня в молочных трубах		+	
7. Работоспособность системы промывки			+
8. Техническое состояние фильтров вакуумного регулятора		+	

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 превышает 25 кПа за 60 секунд. Контролируемое время повышения давления зависит от объема вакуумной системы. Чем больше объем вакуумной системы, тем медленнее будет повышаться давление в системе даже при относительно больших подсосах воздуха. Это обуславливает большую погрешность данного метода.

Воздушный поток, откачиваемый насосом, выражается уравнением $Q = S \cdot p$ (где S – быстрота действия насоса ($\text{м}^3/\text{ч}$) и p – давление (кПа)). Так как быстрота действия вакуумного насоса – величина постоянная (у механического вакуумного насоса она определяется его геометрическими размерами), а давление в закрытой вакуумной системе уменьшается, то величина воздушного потока в процессе откачки уменьшается (рис. 3.3.3.2.33а–б).

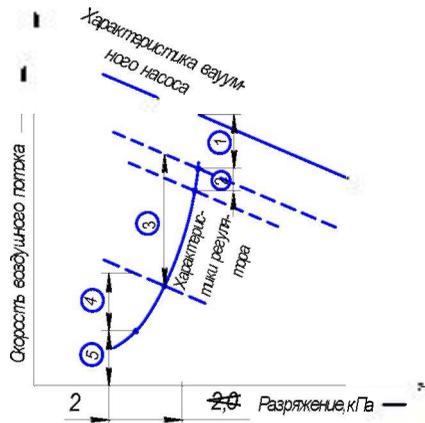


Рисунок 3.3.3.2.33 Связь между чувствительностью, расходом воздуха доильной установкой, запасом производительности и герметичностью регулятора:

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

Реально вакуумная установка должна иметь такую производительность, которая соответствовала бы расходу воздуха (доение и мойка) доильного оборудования, а также всего остального оборудования, работающего во время доения непрерывно или периодически. Кроме того, вакуумная установка при нормальном рабочем вакууме должна иметь дополнительный запас производительности, численное значение которого определяют с учетом количества доильных аппаратов, типа доильной установки, наличия вспомогательного оборудования, работа которого не обеспечивается отдельной вакуумной системой, и ряда других параметров. 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) на рис. 3.3.3.2.33).

Теория вакуумной техники позволяет оценивать герметичность вакуумных и молочных трубопроводов по предельному давлению. Для этого учитывают связь между воздушным потоком (Q), просачиванием воздуха (ΔQ) и изменением предельного давления в трубопроводах. При протекании через щели воздуха объемом U , измеренного при атмосферном давлении p_a , и потока воздуха через них ΔQ , давление в системе повысится на величину Δp :

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

Эта закономерность позволяет оценивать герметичность вакуумных и молочных трубопроводов вакуумметром. Для определения требуемого параметра при проведении пусконаладочных работ достаточно зафиксировать предельное вакуумметрическое давление, развиваемое насосом, и рассчитать его быстроту действия по заводским данным. С учетом вышеизложенных теоретических предпосылок рекомендуется следующая последовательность контроля герметичности вакуумной системы по предельным давлениям насоса, вакуумных и молочных трубопроводов. Если, например, фактические вакуумметрические давления этих систем по результатам измерения составляют 90, 85 и 70 кПа, а паспортные параметры быстроты действия насоса и предельного вакуумметрического давления составляют соответственно 60 м³/ч и 90 кПа,

то фактические воздушные потоки натекания через вакуумные $\Delta S_{2не}$ и молочные $\Delta S_{2нем}$ трубопроводы составят соответственно.

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

$$\Delta S_{2нем} = S_{1не} \cdot \frac{P_{2не} - P_{2нем}}{P_{1не}} = 60 \cdot \frac{85 - 70}{99} = 6,0 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Такая методика диагностирования герметичности доильной установки по предельному давлению при пусконаладочных работах исключает геометрические характеристики системы и не требует специального оборудования. С учетом вышеизложенных теоретических предпосылок рекомендуется следующая последовательность контроля герметичности вакуумной системы (рис. 3.3.3.2.34). Зная предельное вакуумметрическое давление насоса, определяем вакуумметрическое давление системы насос–трубопроводы (рис. 3.3.3.2.34б). Если, например, фактическое вакуумметрическое давление по результатам измерения составляет 85 кПа, а ранее измеренная величина предельного вакуумметрического давления предыдущего планового технического обслуживания составляет соответственно 87 кПа, то фактическое натекание воздуха через щели вакуумных трубопроводов составит на момент измерения

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

Увеличение натекания воздуха за диагностируемый период составит

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

Вакуумные трубопроводы считаются герметичными, если измеренное вакуумметрическое давление больше допустимого значения. Зная предельное вакуумметрическое давление системы «насос – трубопроводы» (рис. 3.3.3.2.34в), определяем допустимое предельное вакуумметрическое давление системы «насос – трубопроводы – молочные трубопроводы».

Измеряется 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 обслужи-

вания составляет соответственно 75 кПа, то фактическое натекание воздуха через щели молочных трубопроводов составит на момент измерения

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

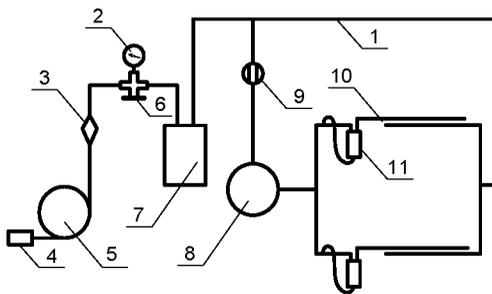
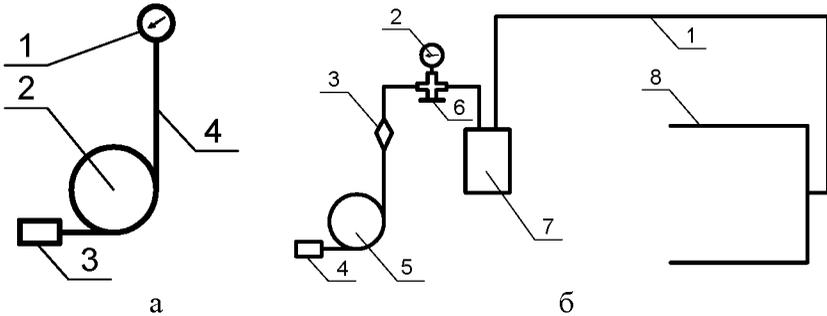
Увеличение натекания воздуха за диагностируемый период

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

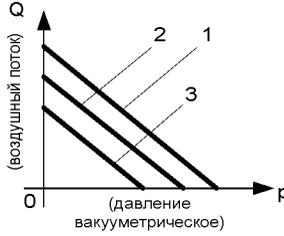
Молочные трубопроводы считаются герметичными, если измеренное вакуумметрическое давление больше допустимого значения. После включения насоса груз вакуумного регулятора вручную оттягивается до плотного закрытия клапаном вакуумного регулятора его седла. Если, например, фактическое вакуумметрическое давление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

$$\Delta S_{сп} = S_{1и} \cdot \frac{P_{1нвп} - P_{2нвп}}{P_{1и}} = 60 \cdot \frac{90 - 88}{99} = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Герметичный регулятор сохраняет предельное вакуумметрическое давление системы вакуумного насоса и трубопроводов.



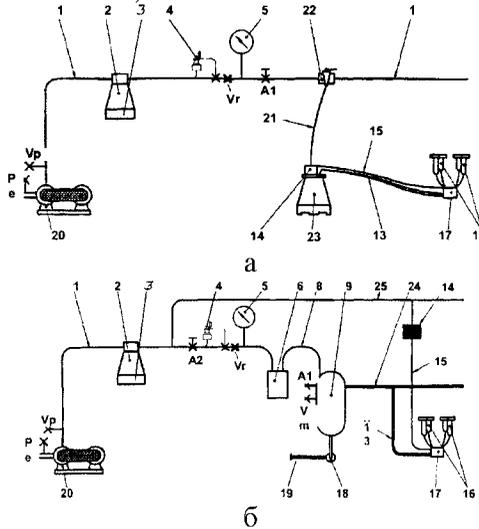
В

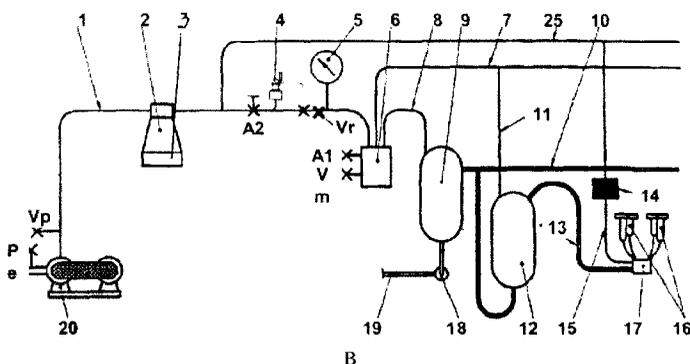


Г

Рисунок 3.3.3.2.34 Контроль параметров вакуумной системы: а) предельного давления насоса (1 – вакуумметр); б–в) герметичности 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); г) откачные диагностические характеристики (1 – насос; 2 – насос с вакуумными трубопроводами; 3 – насос с вакуумными и молочными трубопроводами)

Основными номинальными параметрами вакуумного режима доильной установки, обеспечивающими его стабильную работу, являются величина и перепад вакуумметрического давления в молочной и вакуумной линиях, продолжительность и амплитуда колебаний вакуума, частота пульсаций пульсаторов и соотношение их тактов (рис. 3.3.3.2.35).





В

Рисунок 3.3.3.2.35 Точки измерения вакуума и расхода воздуха: а) доение в ведро; б) доение в молочный трубопровод; в) доильном зале ($A1$, $A2$, V_m , V_r , V_p , P_e – измерительные точки; 1, 7, 8, 10, 19, 24 – трубопроводы; 2 – баллон вакуумный; 3 – крышка баллона; 4 – регулятор; 5 – вакуумметр; 6 – предохранительная камера; 9 – молокосорбник; 11, 13, 15, 21 – шланги; 12 – измерительный сосуд; 14 – пульсатор; 15, 16 – стаканы доильные; 17 – коллектор; 18 – насос молочный; 20 – насос вакуумный; 22 – кран вакуумный; 23 – ведро доильное; 25 – линия пульсатора; г) допустимые потери давления (1 – глушитель; 2 – насос; 3 – регулятор; 4 – молокоприемник; 5 – доильный стакан)

Стабильность вакуумного режима определяется амплитудой колебаний вакуумметрического давления в системе. Стабильность вакуумметрического давления в доильной установке с молокопроводом должна быть такой, чтобы произведение амплитуды изменения величины вакуумметрического давления на продолжительность этого колебания, измеренного в молочной трубке доильного аппарата, не превышало 20 кПа·с., а с доением в ведро – 40 кПа·с. Колебания вакуумметрического давления минимальные при наличии запаса производительности. Регулятор вакуума должен быть отрегулирован на рабочее вакуумметрическое давление. Он считается отрегулированным, если время стабилизации каждого изменения расхода воздуха не превышает 3 секунд, а кривая величины вакуума при изменении расхода воздуха не выходит за пределы зоны допустимых отклонений (рис. 2.2.36). Начало отсчета времени – точки отклонения кривой давления при увеличении или уменьшении расхода воздуха от перво-

начальной B, B_1, B_2, B_3 – точки конца отсчета времени. Конец отсчета времени – точка последнего входа кривой давления при увеличении или уменьшении расхода воздуха в зону допустимых отклонений при стабилизации.

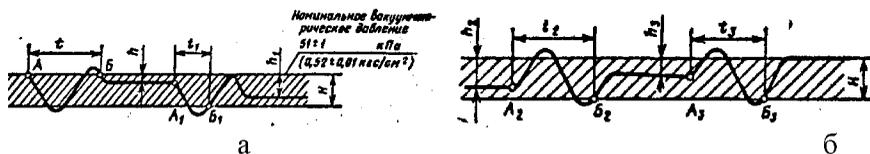


Рисунок 3.3.3.2.36 Стабилизация вакуумметрического давления: а) увеличение расхода воздуха; б) уменьшение расхода воздуха; H – зона допустимых отклонений давления (3 кПа) при стабилизации; t_1 – время стабилизации давления; h_1 – отклонение от номинального значения давления после его стабилизации; A_1 – точки начала отсчета времени

Стабильность вакуумного режима снижает плохое техническое состояние вакуумных регуляторов. Типичными ошибками являются нарушение вертикальности установки регуляторов (рис. 3.3.3.2.37а), эксплуатация регуляторов без колпаков, наполненных маслом (рис. 3.3.3.2.37б) или, наоборот, с переполненными маслом колпаками (рис. 3.3.3.2.37в), отсутствие (рис. 3.3.3.2.37г) распорных втулок или амортизирующих шайб (рис. 3.3.3.2.37д). Наклон вакуумного регулятора вызывает постоянное трение груза о стенки колпака, снижая чувствительность регулятора. Такой же эффект вызывает переполнение колпака маслом. При отсутствии масла, наоборот, сопротивление движению груза значительно снижается, и колебания груза затухают долго. Установка одной втулки между грузовыми шайбами и двумя соединенными вместе амортизирующими шайбами, а также неправильная сборка амортизирующих шайб ухудшают 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.

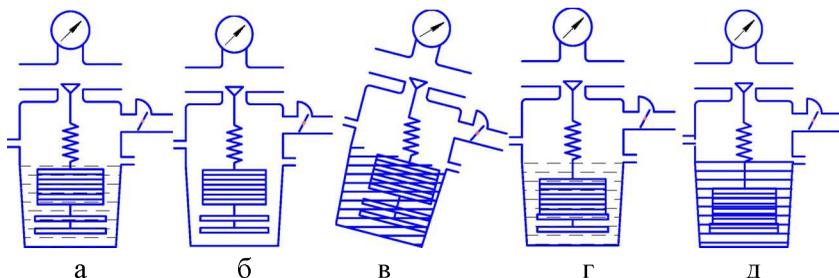


Рисунок 3.3.3.2.37 Нарушения эксплуатации вакуумных регуляторов: а) большой объем масла; б) отсутствие масла в колпаке; в) наклонное положение; г) отсутствие распорной втулки; д) ошибочная сборка амортизирующих шайб

Импульсные и долговременные значения вакуумметрического давления в соответствующих точках вакуумного и молочного трубопроводов измеряют с помощью тестеров. Например, требуемые показатели в табличном и графическом отображении можно получить с помощью тестера ВПР100. Для этого подключают тестер к соответствующему крану (рис. 3.3.3.2.38). Снимают показания прибора в виде цифр или графика. Длительность измерения может быть кратковременной, осуществляемой в течение 1,5 или 3 секунд (рис. 3.3.3.2.35а) или продолжительной (рис. 3.3.3.2.38б)

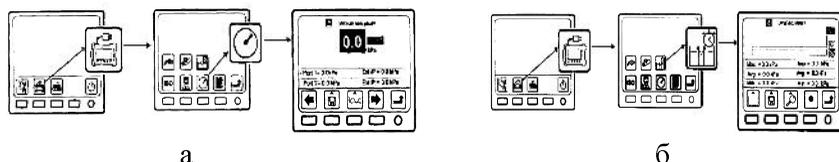


Рисунок 3.3.3.2.38 Алгоритмы измерения вакуума тестером VPR100: а) импульсного вакуума; б) длительного вакуума

Величина вакуумметрического давления контролируется по показаниям вакуумметров, установленным на всасывающем патрубке

насоса и магистральном вакуумном трубопроводе. Регулировка величины вакуумметрического давления в системе доильной установки осуществляется настройкой регулятора. Настройка вакуумного регулятора происходит за счет уменьшения или увеличения количества регулировочных шайб (рис. 3.3.3.2.39) или усилия натяжения пружины (рис. 3.3.3.2.39б–г).

Добавление количества шайб увеличивает вакуумметрическое давление, а снятие – уменьшает. Для грубой и точной регулировки имеются 10 больших и 5 малых регулировочных шайб. С помощью винта устанавливают требуемое вакуумметрическое давление. Напуск воздуха в воздушные камеры производится через патрубки (6) и (10).

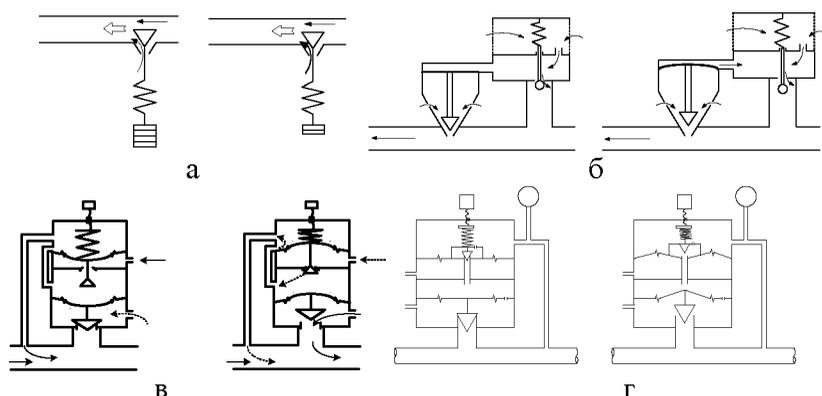


Рисунок 3.3.3.2.39 Регулировка величины рабочего вакуума:

а) грузовыми шайбами (слева – высокий вакуум; справа – низкий вакуум); б–в) пружинами

Техническое обслуживание импортных регуляторов вакуума требует раз в год или после 1000 часов работы замены фильтра, продувки воздушного патрубка и проверки технического состояния кольцевых прокладок. Поднимают верхнюю часть регуляторов и убеждаются, что резиновая диафрагма не повреждена. Протирают конус куском ткани, промывают пластиковую втулку и экранирующую сетку в теплом растворе моющего средства. Очищают щеткой перфорированный диск или прочищают его сжатым воздухом, промывают корпус (рис. 3.3.3.2.40). Если необходимо, заменяют уплотнения.

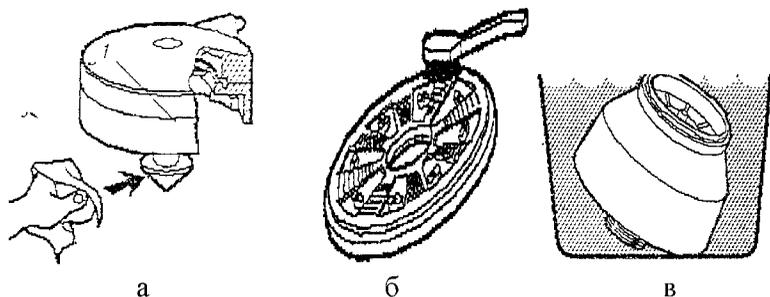


Рисунок 3.3.3.2.40 Техническое обслуживание регуляторов:
а) очистка конуса (VRM и VRR); б) очистка перфорированного диска (VRM и VRR); в) мойка корпуса (VRM и VRR)

В процессе эксплуатации доильных установок в результате, как правило, неосторожных действий обслуживающего персонала разбиваются стеклянные трубы молочных трубопроводов. Замена стеклянной трубы производится путем поднятия муфты (1), соединявшей 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. 3.3.3.2.41). При необходимости резки стеклянных трубок молочного трубопровода пользуются специальным приспособлением (рис. 3.3.3.2.41б). Приспособление работает следующим образом. Штепсельная вилка *III* вставляется в розетку сети переменного тока напряжением 220в, выключателем *B₁* 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 фехрелевую нить, которая охватывает ее вокруг. При нажатии на трубу токоподводящие электроды (клещи) приближаются друг к другу и включают микропереключатель *B₂*. При этом цепь вторичной обмотки трансформатора *T_p* замыкается, фехрелевая нить накаливается и в течение 30–40 секунд нагревает стеклянную трубу. Трубу снимают и к нагретому месту прикасаются поролоновой губкой, смоченной водой. Труба при этом разламывается по месту обхвата ее фехрелевой нитью.

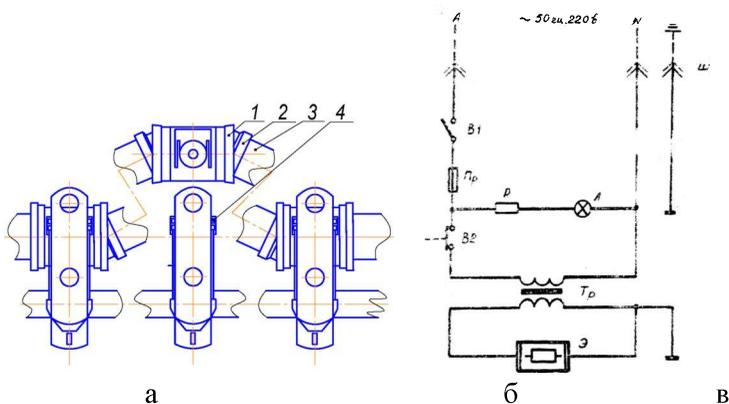


Рисунок 3.3.3.2.41 Техническое молочных трубопроводов: а) замена стеклянной трубы (1 – муфта; 2 – втулка; 3 – труба; 4 – корпус крана); б) схема приспособление для резки труб (T_p – понижающий трансформатор; V_1 – выключатель сети; L – сигнальная лампочка; B_2 – микропереключатель; \mathcal{E} – нагревательный элемент; P_p – предохранитель; $\mathcal{Ш}$ – штепсельная вилка)

Во время эксплуатации молочных насосов нарушается их герметичность вследствие износа уплотнительных колец и манжет, появления вмятин крышек. Вмятины крышки устраняют правкой на станке с применением специального приспособления (рис. 3.3.3.2.42) или выправляют молотком, нагревая предварительно дефектное место газовой горелкой.

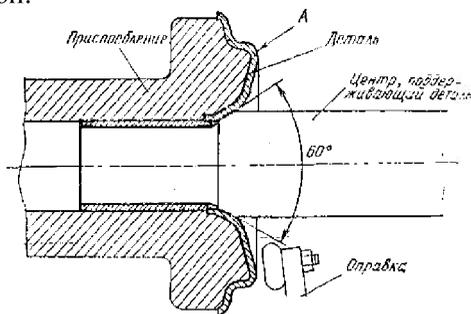


Рисунок 3.3.3.2.42 Схема процесса правки крышки корпуса молочного насоса НМУ-6

Основными дефектами охладителя 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%-ой 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 двум рабочим, 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 двухкратной протирки. Просушивают обезжиренные поверхности деталей в течение 10–15 минут, 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 минут, но не более двух часов.

Наносят второй слой клея на приклеиваемые поверхности и сушат до прихода клеевой пленки в липкое состояние. Аккуратно укладывают прокладку на приклеиваемое место пластины, слегка прижимают и тщательно прикатывают роликом десятикратным проездом, обеспечивая ровное и надежное прилегание прокладки без сдвигов в сторону. Выдерживают пластины в течение 48 часов без груза или собранные в несжатый пакет. Проверяют прочность и надежность склеивания путем легкого отрывания прокладки пальцем. При этом прокладка не должна отслаиваться от пластины.

Нужное соотношение между количеством сливок и обрата молочных сепараторов получают подбором величины сечения отверстий для выхода сливок и обрата и их расположения от оси вращения. Это соотношение изменяется практически от 1–4 до 1–12. Регулирование выхода сливок производится винтами. Поворотом или ввинчиванием винта будем иметь меньшую скорость истечения жидкости из отверстия, так как центробежная сила ближе к оси вращения будет меньше (рис. 3.3.3.2.43), а напор жидкости будет слабее.

Так как $g_1 > g_2$, то $f_1 g_1 > f_2 g_2$ (где f – площадь сечения отверстия винта; g_1 и g_2 – скорость жидкости в отверстии при первом и втором положении винта). С уменьшением отверстия для выхода обрата, за единицу времени через это отверстие его будет уходить меньше, а сливки будут менее жирны и количество их будет больше $f_1 g_1 > f_2 g_2$ (где f_1 и f_2 – сечение каналов для обрата при первом и втором положении винтов, g_1 и g_2 – скорость движения обрата при первом и втором положении винтов). При уменьшении выхода сливок, благодаря повороту сливочного винта, скорость истечения обрата и его количество за единицу времени автоматически увеличатся.

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. 3.3.3.2.43г): Н – нижний; С – средний; В – верхний.

Если в каналах, образованных отверстиями тарелок, сопротивления будут выше, чем в грязевом пространстве, то большее количество жидкости будет проходить по пути меньшего сопротивления, то есть внизу пакета тарелок (вариант Н), а не вверху (вариант В). 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

ровку (барабан почти не вращается) и динамическую (вращение барабана с рабочей или близкой к ней скоростью).

При статической балансировке барабан закрепляют на шлифованной оси, концы которой кладут на две горизонтально и параллельно расположенные стальные шлифовальные параллели (рис. 3.3.3.2.44). Путем прикрепления груза на противоположную сторону достигают совпадения центра тяжести с осью вращения. При этом барабан на призмах будет находиться в состоянии безразличного равновесия. Статическую балансировку можно применять в двух случаях: если балансируемый предмет в рабочем положении имеет небольшую скорость вращения или очень малую длину (высоту) по сравнению с диаметром. Из этого следует, что способ статической балансировки для барабанов сепараторов непригоден. Этот способ балансировки можно принять лишь для уравнивания таких частей, как бандаж и диск пускового механизма, винтовое колесо. После ремонта барабан балансируют по верхней части центральной трубки и нижней части вертикального вала (рис. 3.3.3.2.44), а также на специально приспособленной станине сепараторов. При проверке сбалансированности барабану сообщают нормальную частоту вращения и после отключения от привода наносят карандашом отметки в местах наибольшего биения. Положение дисбаланса вначале определяют, касаясь карандашом внутренней поверхности центральной трубки. С противоположной стороны карандашной отметки изнутри крышки барабана наплавляют олово. При проверке барабан должен набирать нормальную частоту вращения через 2–3 минуты, а останавливаться (без торможения) не менее чем через 3 минуты. Для опробования отремонтированного сепаратора в молокоприемник заливают 4–5 л подогретой воды. При нормальной частоте вращения вода выходит из обоих рожков. Ее уровень должен соответствовать метке, нанесенной на стенку внутри поплавковой камеры.

Для балансировки барабанов сепараторов применяют машины с вертикальным положением оси балансирующего предмета. По принципу уравнивания все эти машины разделяют на две группы: в одной из них расположение и величину неуравновешенных масс определяют по записям индикаторов; в другой устанавливают при помощи компенсирующих грузов. В обоих случаях одновременно получают сведения о месте положения и величине добавочных грузов. Возможны несколько вариантов неуравновешенности барабана. Во-

первых, центры тяжести обеих частей барабана могут быть расположены в одной плоскости и по одну сторону от оси вращения (рис. 3.3.3.2.45).

Во-вторых, центры тяжести обеих одинаковых по весу частей барабана могут находиться в одной осевой плоскости, но по обе стороны от оси вращения на равных расстояниях от нее (рис. 3.3.3.2.45). В-третьих, возмущающие силы могут быть расположены так же, как и в предыдущем случае, но не равны между собой (рис. 3.3.3.2.45). И, в-четвертых, центры тяжести частей барабана могут находиться в разных плоскостях оси вращения (рис. 3.3.3.2.45).

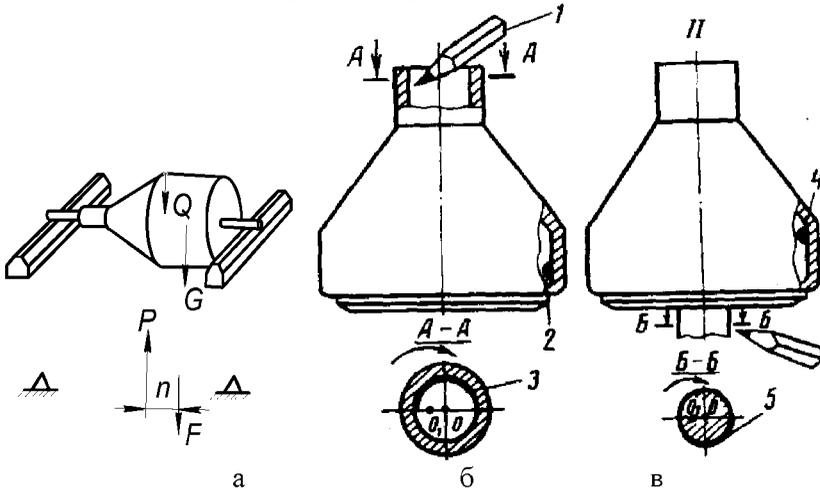


Рисунок 3.3.3.2.44 Статическая балансировка барабана:

1 – карандаш; 2 – олово; 3 – ось; 4 – олово; 5 – вал

В первом варианте, рассматриваемом как статический случай, устраняют неуравновешенность добавочным грузом, центр тяжести которого расположен в той же плоскости, что и центр тяжести барабана, но по другую сторону оси.

Место расположения добавочного груза по высоте барабана в данном случае не имеет значения. Будет ли этот груз расположен выше или ниже той плоскости сечения, в которой находится вес G , барабан все равно будет статически уравновешен, так как его центр тяжести во всех случаях будет совпадать с осью барабана. Расстояние

ρ от центра тяжести добавочного груза до оси и вес его должны удовлетворять следующему равенству:

$$G\rho = Gr = G_1r_1 + G_2r_2.$$

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 уравнивающих (добавочных) центробежных сил. Вес добавочного груза Q должен быть приложен в той же плоскости по высоте барабана, что и сила G , то есть на линии действия силы F

$$P = F \rightarrow \frac{Q}{g} \omega^2 \rho = \frac{Q}{g} \omega^2 r \rightarrow G\rho = Gr.$$

Во втором варианте 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

$$P_1n - F_1m = 0; P_1 = P_2; F_1 = F_2;$$

В третьем варианте 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 слу-

чае 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 . 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. 3.3.3.2.45б). Величина добавочных сил зависит от расположения их по высоте барабана. Она должна удовлетворять следующим равенствам из сумм моментов сил:

$$P_1 = \frac{F_1(a+b+c) - F_2c}{b+c}, \quad P_2 = \frac{F_1a + F_2b}{b+c}.$$

В частном случае при расположении уравновешивающих сил относительно возмущающих сил по оси барабана так, как показано на рисунке 3.3.3.2.45б, может оказаться $P_1 = 0$, когда $F_1(a+b+c) - F_2c = 0$ и, следовательно, барабан можно уравновесить, приложив только одну силу P_2 .

В четвертом варианте 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 (вариант 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 $F_2 \cos \alpha$ (рис. 3.3.3.2.45) 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, $N_1 + N_2 = F_2 \sin \alpha$. Заменяем силы T_1 и N_1 и силы T_2 и N_2 их равнодействующими P_1 и P_2 . 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 $\varphi_1 + \varphi_2$.

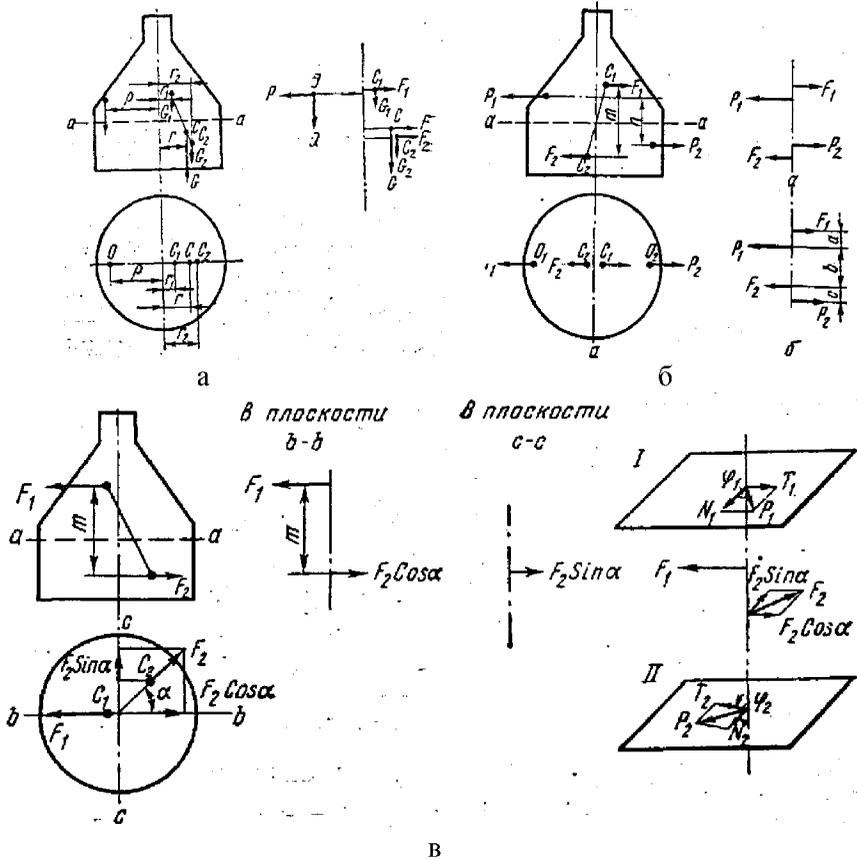


Рисунок 3.3.3.2.45 Динамическая балансировка барабана:

а) центры тяжести на одной стороне от оси вращения (C – центр тяжести; G – вес; r – расстояние от центра тяжести до оси вращения; ω – угловая скорость; F – центробежная сила; O – место положения добавочного груза; Q – вес груза; ρ – расстояние от центра тяжести груза до оси вращения; P – центробежная сила добавочного груза; б) центры тяжести по обе стороны от оси вращения; в) разноуровневое расположение центров тяжести барабана

3.3.3.3 Доильные аппараты

Системы современного импортного доильного оборудования реагируют на физиологические особенности коров, выбирают автоматический режим доения (частоту пульсаций, уровень вакуума, соотношение тактов, стимулирование реализации рефлекса молокоотдачи). Основными номинальными параметрами вакуумного режима доильного аппарата, обеспечивающими его стабильную работу, являются величина и перепад вакуумметрического давления в молочной и вакуумной линиях, продолжительность и амплитуда колебаний вакуума, частота пульсаций пульсаторов и соотношение их тактов (табл. 3.3.3.3.1).

Таблица 3.3.3.3.1 Диагностические параметры доильных аппаратов

Параметры	Обозначение	Пределы
Вакуумметрическое (статическое) давление, кПа	$P_{ст}$	(45–48)±1
Импульсное вакуумметрическое давление, кПа	P_u	(44–47)±1
Частота пульсаций пульсаторов, пульсов в минуту	N	(65–66)±6
Относительная длительность фазы нарастания вакуумметрического давления пульсатора, %	τ_a	(27–30)±3
Относительная длительность фазы установившегося вакуумметрического давления пульсатора, %	τ_e	(38–43)±3
Относительная длительность такта сосания пульсатора, %	$\tau_a + \tau_e$	(65–73)±5
Относительная длительность такта сжатия пульсатора, %	$\tau_c + \tau_d$	(27–35)±5
Относительная длительность спада вакуумметрического давления пульсатора, %	τ_c	(10–13)±3
Относительная длительность фазы остаточного вакуумметрического давления пульсатора, %	τ_d	(17–22)±3
Допустимое изменение давления в процессе доения, кПа		3
Допустимая продолжительность восстановления давления, с		3

Высокий вакуум вызывает маститы вымени и воспалительные процессы сосков (рис. 3.3.3.3.1). Низкий вакуум способствует спада-нию доильных аппаратов с вымени коров, увеличивает частоту пуль-саций, вызывает неполное выдаивание тугодойких коров (рис. 3.3.3.3.2). Подсос воздуха может приводить к потере вакуума в под-сосковом пространстве доильных стаканов во время доения (на 4–80 мм), что влечет за собой увеличение заболеваний вымени субклини-ческим маститом (на 28,1%), уменьшение интенсивности выдаивания (до 0,15 л/мин), снижение молочной продуктивности на 2,5%.

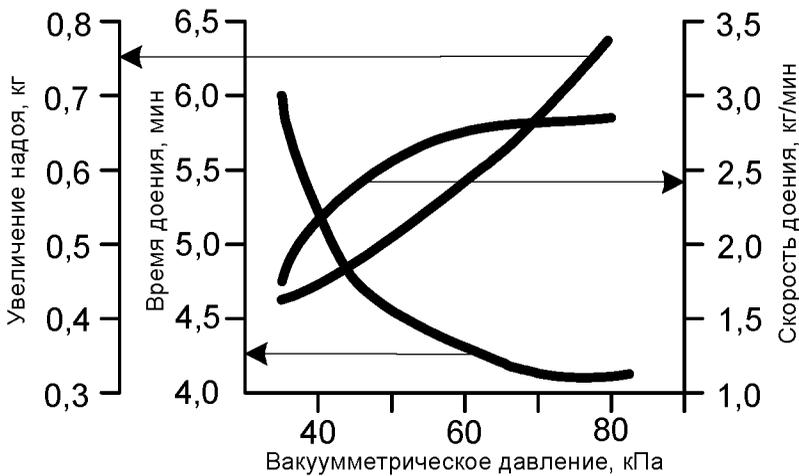


Рисунок 3.3.3.3.1 Зависимость скорости доения и величины дооя от вакуума

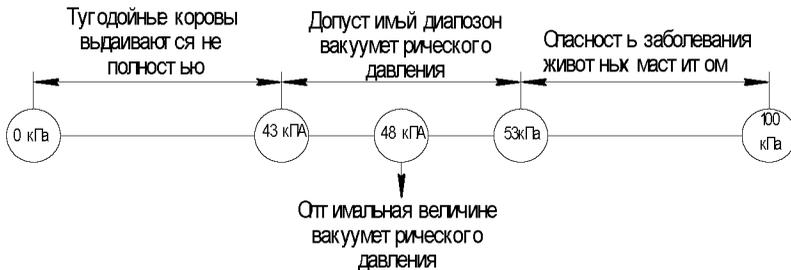


Рисунок 3.3.3.3.2 Характеристика диапазонов вакуумметрического давления

Временная диаграмма пульсаций вакуумметрического давления пульсатора определяется набором семи показателей (рис. 3.3.3.3.3). Пульсационная кривая делится на четыре фазы:

- а) фазу увеличения вакуумметрического давления (фаза раскрытия сосковой резины);
- в) фаза максимального вакуумметрического давления (фаза сосания);
- с) фаза снижения вакуумметрического давления (фаза смыкания сосковой резины);
- д) фаза минимального вакуумметрического давления (переходная фаза).

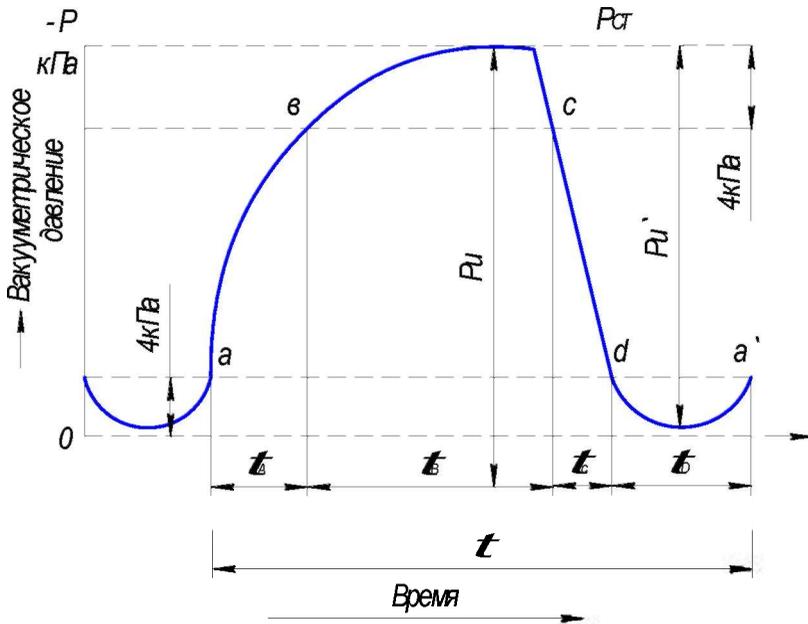


Рисунок 3.3.3.3.3 Фазы пульсационной диаграммы:

T – период пульсаций; τ_a, τ_c – длительность фаз нарастания и спада давления; τ_b, τ_d – длительность фаз установившегося и остаточного давления, P_u – импульсное вакуумметрическое давление; $\tau_a + \tau_b$ – такт сосания; $\tau_c + \tau_d$ – такт сжатия; $P_{ст}$ – вакуумметрическое давление в подсосковой камере

Граница между фазами устанавливается между точками пересечения пульсационной кривой и линиями, отстоящими на 4 кПа от линии атмосферного давления и линии номинального вакуума. В течение фазы τ_a разность давлений снаружи и внутри сосковой резины уменьшается. Сосковая резина начинает раскрываться в точке a и полностью раскрывается в точке b . В течение фазы τ_c сосковая резина начинает смыкаться в точке c и полностью смыкается в точке d . Если фаза τ_a увеличена, то время раскрытия сосковой резины увеличивается, а если фаза τ_c увеличена, то время смыкания сосковой резины тоже увеличивается. Соотношение тактов не изменяется, а изменяются лишь фазы τ_a и τ_c .

Продолжительность фазы увеличивающегося вакуумметрического давления примерно на 45% превышает длительность фазы смыкания сосковой резины. Фаза установившегося вакуумметрического давления должна как минимум составлять 30%. Практически наименьшее используемое значение этого параметра составляет 41% (табл. 3.3.3.3.2). Общепринято, что минимальная продолжительность такта сосания должна составлять 50%. Продолжительность атмосферной фазы должна быть менее 15%.

Таблица 3.3.3.3.2 Продолжительность фаз типов доения (%)

Наименование	Одновременное (60 пульсов в минуту, соотношение тактов 71:29)	Попарное (60 пульсов в минуту, соотношение тактов 71:29)	Попарное (40 пульсов в минуту, соотношение тактов 54:46)
Фаза увеличения вакуума τ_a	23	13	13
Вакуумная фаза τ_b	48	58	41
Фаза снижения вакуума τ_c	16	9	22
Атмосферная фаза τ_d	13	20	24

Длительность фаз пульсационного цикла (рис. 3.3.3.3.4) влияет на скорость извлечения молока из вымени коровы. Снижение длительности фазы раскрытия и увеличение длительности фазы закрытия сосковой резины повышает скорость доения.

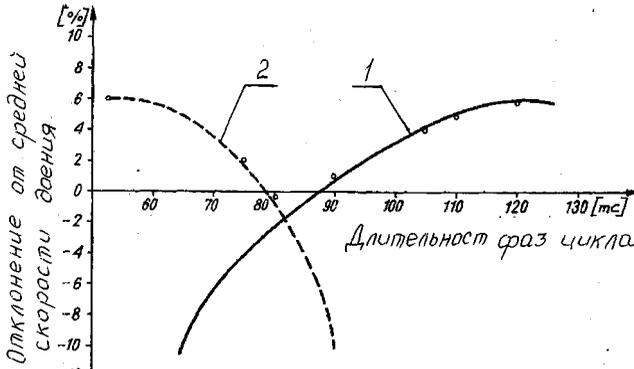


Рисунок 3.3.3.3.4 Длительность фаз цикла и скорость доения:
 1 — от такта сосания до такта отдыха; 2 — от такта отдых до такта сосания

В настоящее время измерения продолжительности отдельных фаз производят (рис. 3.3.3.3.5) в единицах времени (миллисекундах), а не процентное соотношение какой-либо фазы в общем цикле пульсации. Благодаря этому можно использовать реальное время и анализировать пульсацию независимо от тактового числа, а также оценить импульсное вакуумметрическое давление.

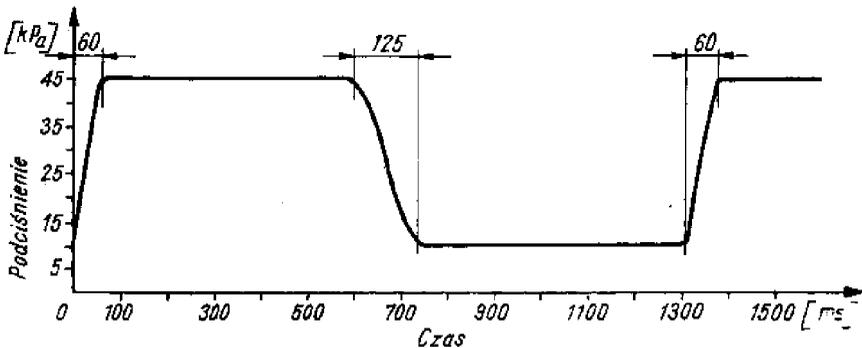


Рисунок 3.3.3.3.5 Кривая изменения вакуумметрического давления в межстенном пространстве

Если к одному пульсатору подсоединен один доильный аппарат, то в этом доильном аппарате содержится определенный объем воздуха в промежуточной камере соскового стакана и в шлангах пульсации. Этот объем воздуха в результате пульсации в течение одного цикла пульсации (фазы А + В + С + D, полное открытие и закрытие сосковой резины) удаляется и снова наполняется. Смена воздуха (рис. 3.3.3.3.6) происходит в фазах А (удаление) и С (наполнение).

Кроме объема воздуха в доильном аппарате на продолжительность этих фаз смены воздуха решающее воздействие оказывает сопротивление потоку в соединительных шлангах. Оно складывается из длины шлангов и поперечного сечения применяемых воздушных шлангов между пульсатором и доильным аппаратом.

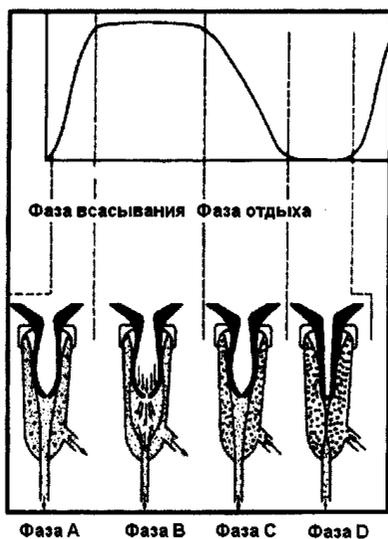


Рисунок 3.3.3.3.6 Смена фаз

Чем короче или чем больше внутренний диаметр, тем короче продолжительность фаз, и чем длиннее или также чем уже шланги, тем продолжительнее оказываются фазы. Это приводит к тому, что мы в настоящее время можем сформулировать точные правила относительно длины и диаметра шлангов, какой должны быть длина и внутренний диаметр. И в ре-

зультате получается, что благодаря оптимальной настройке отдельных фаз можно обеспечить эффективное доение.

Для этого отдельные фазы должны быть приведены в гармоничное соотношение между фазой всасывания (А + В) и фазой отдыха (С + Д) (рис. 3.3.3.3.7).

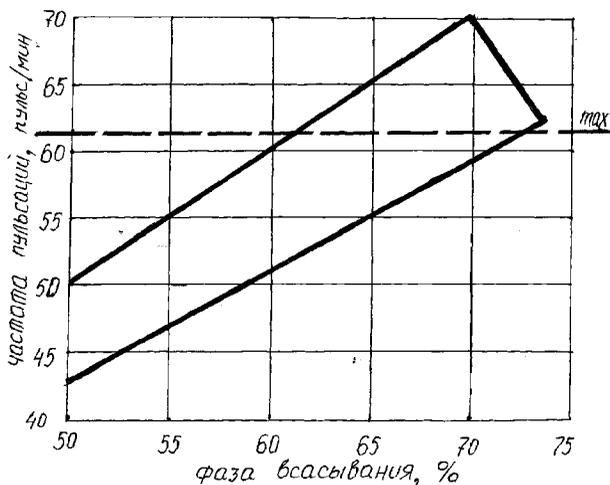


Рисунок 3.3.3.3.7 Зависимость фазы всасывания и частоты пульсаций

Фаза *A* характеризует процесс открытия сосковой резины. Скорость открытия, определяемая эластичностью резины, выше в последней трети фазы. Если продолжительность фазы *A* меньше 100 мс, то сосковая резина открывается быстро, образуя внутри ее объема ниже соска дополнительный вакуум. Этот вакуум вызывает обратный впрыска молока в сосок из коллектора в случае низкой проводимости молочного шланга. Если продолжительность фазы *A* больше 140 мс, то она автоматически укорачивает фазу *B*, снижая скорость доения. Теперь фазы *B* открытой сосковой резины оказываются меньше 450 мс, и поэтому доение длится дольше.

В результате длительность доения невольно увеличивается, а значит и время, в течение которого сосок находится под вакуумом, тоже повышается. Следствием этого становится неэффективное доение с неоптимальными потоками молока, как и снижение производительности работы со снижением состояния здоровья вымени. Если продолжительность фазы

В больше 500 мс, то гомологичные жидкости в избытке скапливаются в кончике соска. В этом случае длительности фазы отдыха больше недостаточно для размассирования скопившихся здесь жидкостей. Как следствие, сосок начинает твердеть, открытие его происходит все труднее, и соответственно, поток молока снижается.

С возрастом длительности доения сосок теряет свою мягкость по сравнению с началом доения. Слишком длительные фазы открытия сосковой резины приводят в результате к тому, что поток молока из каждого соска снижается. Одновременно по причине возрастания длительности доения и уменьшения потока молока возрастает опасность проникновения в вымя избыточного вакуума. К окончанию доения поток молока больше не понижает вакуум под кончиком соска, и это является причиной особой нагрузки соска. Кроме этого, слишком длительные фазы открытого соска повышают опасность того, что из-за воздействия вакуума в соске могут возникнуть нежелательные изменения ткани и раздражения, которые, в свою очередь, дают возможность развития воспаления вымени.

Во время фазы С сосковая резина снова закрывается. Продолжительность этой фазы в значительной степени определяет скорость закрытия сосковой резины. Если продолжительность фазы С меньше 100 мс, то сосковая резина закрывается быстро, ударяя по соскам. Это вызывает у животных неприятное ощущение, которое может выразиться в беспокойстве, ударе по доильному аппарату или произвольной выдаче молока. Если продолжительность фазы С больше 130 мс, то она автоматически укорачивает в данных обстоятельствах фазу D в такой степени, что невозможно будет задать необходимое время.

В фазе D сосковая резина, оставаясь закрытой, оказывает массирующее действие на сосок. В результате скопившиеся в кончике соска жидкости массируются обратно в верхнюю часть соска, способствуя циркуляции крови. Благодаря этому кончик соска остается в размягченном состоянии для доения, и молоко может беспрепятственно и равномерно протекать из соска в молочные стаканы.

Продолжительность фазы D менее 150 мс не обеспечивают достаточный разгрузочный эффект, поскольку здесь должно оказываться определенное давление на сосок в течение определенного времени. И, наконец, для массирования скопившихся в соске гомогенных жидкостей и перехода их в другие области ткани также требуется определенное время. Поэтому минимальная продолжительность фазы D согласно сегодняшним представлениям составляет 220 мс.

Продолжительность фазы Д более 280 мс является причиной вялых и поэтому бескровных кончиков сосков. Здесь в результате длительного воздействия из кончиков сосков была отмассирована вся кровь и гомогенные жидкости. Теперь, естественно, требуется больше времени, пока сосок во время следующей фазы открытия сосковой резины снова сможет во всем сечении открыть сосковый канал.

Целью же доения должно стать как можно меньшее воздействие и изменение формы и состояния сосков. Это является гарантией того, что корова воспринимает доение как приятную процедуру. Только тогда она может оптимально доиться во всем процессе доения. Изменение же величины вакуумметрического давления влияет на параметры пульсационного цикла (табл. 3.3.3.3.3).

Таблица 3.3.3.3.3 Изменение параметров пульсационного цикла в зависимости от величины вакуумметрического давления

Вакуумметрическое давление, кПа	Фазы пульсационного цикла				Частота пульсаций, пульсов в минуту
	В	А+В	С	Д	
30	35,3	62,3	18,2	19	73
40	36,3	63,8	17,8	18,3	67
50	37,8	64,6	17,4	12,1	61
60	48,0	66,1	12,0	21,8	58

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. 3.3.3.3.8).

Например, при трехтактном способе доения (рис. 3.3.3.3.8) изменение вакуума в межстенном пространстве доильных стаканов несколько опережает изменение вакуума под сосками, в результате чего на сосковую резину действует разность давлений, показанная жирной линией. Из рисунка 3.3.3.3.9 видно, что после такта сосания наступает такт сжатия, а затем такт отдыха. Перед следующим тактом сосания имеет место кратковременный такт радиального расширения сосковой резины.

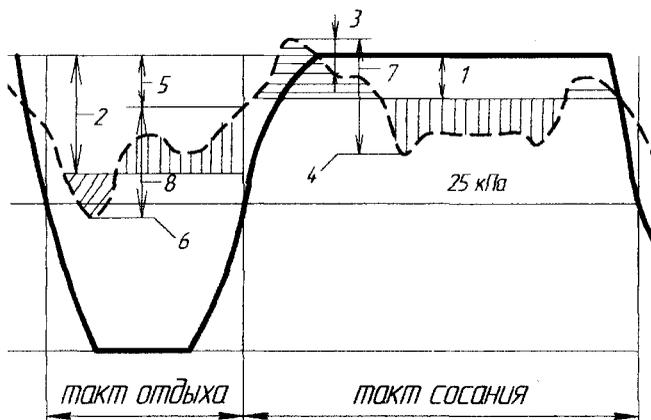


Рисунок 3.3.3.3.8 Параметры пульсационного цикла:

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

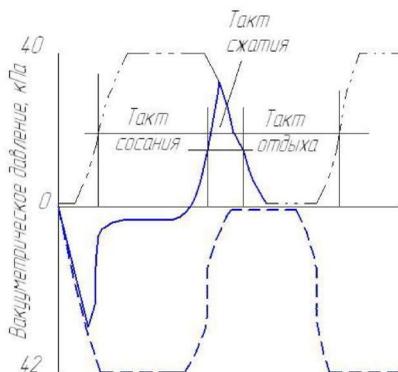


Рисунок 3.3.3.3.9 График пульсаций в доильном стакане трехтактного доильного аппарата

В настоящее время широко применяются при доении коров доильные аппараты попарного доения четвертей вымени. Их применение обусловлено тремя факторами.

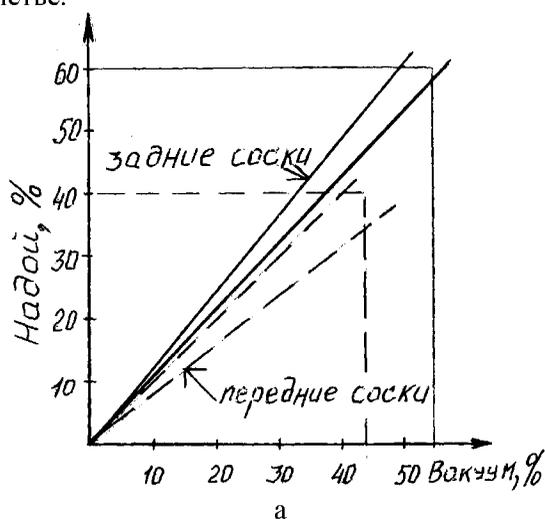
Во-первых, тем, что у большинства коров отдельные четверти вымени резко различаются по продуктивности и продолжительности выдаивания (рис. 3.3.3.3.10а). Соотношение молока, выдаиваемого из задних и передних сосков, составляет 60:40, а соотношение времени доения – 53:47.

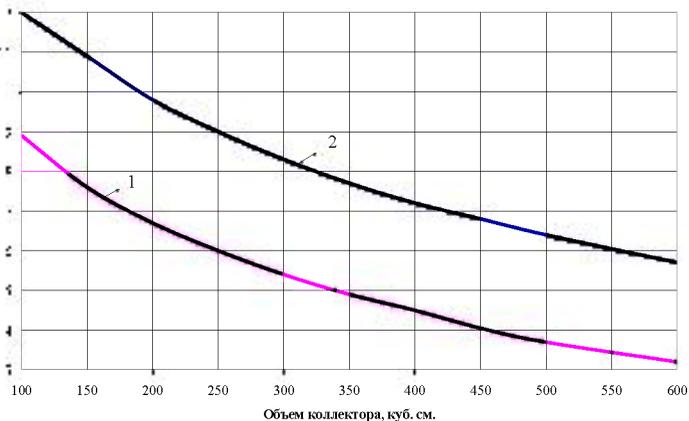
Неравномерное выдаивание четвертей вымени приводит к холостому доению отдельных сосков. Этот фактор вызывает целесообразность применения парного доения (например, когда у передних сосков такт сосания, то у задних – такт сжатия).

Во-вторых, принцип парного доения оказывает массирующее воздействие на вымя, уменьшает одновременную нагрузку на вымя и соски.

И, в-третьих, попарное доение четвертей вымени улучшает транспортировку молока из коллектора в молочный трубопровод, снижает колебания вакуума в подсосковом пространстве или позволяет применять коллекторы меньшего объема (рис. 3.3.3.3.10б).

Учитывая же то, что новейшие конструкции доильных аппаратов отличаются большими объемами коллекторов, то этот фактор положительно сказывается на снижении колебаний вакуума в подсосковом пространстве.



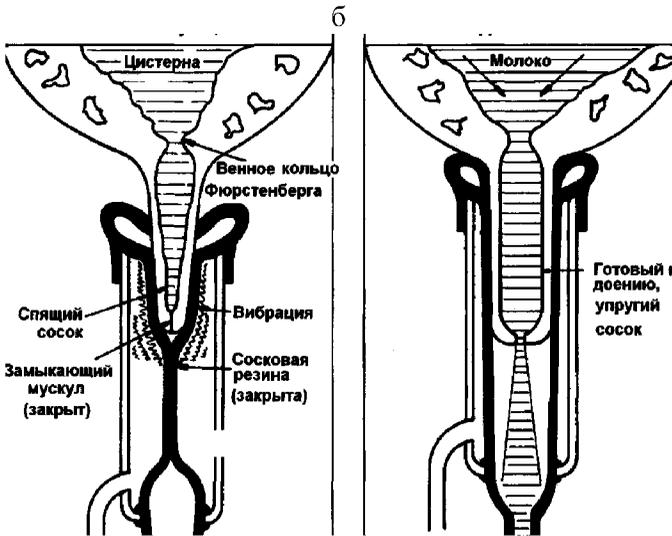
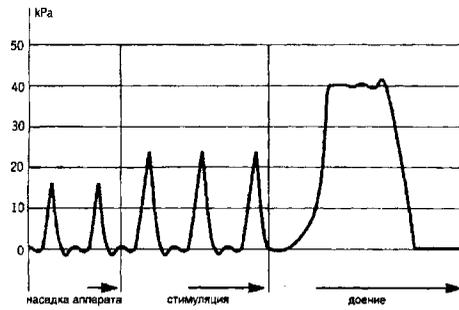
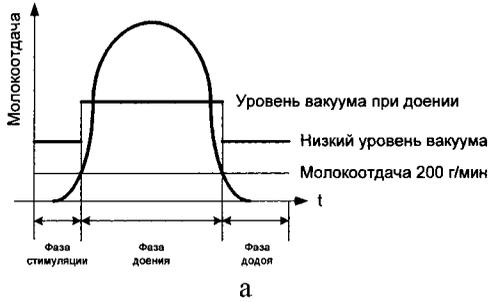


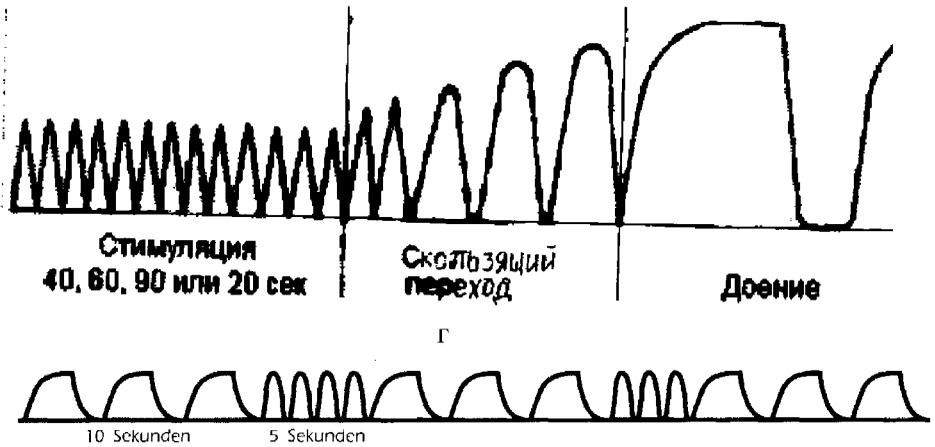
б

Рисунок 3.3.3.10 Факторы попарного доения четвертой вымени
а) различное соотношение молока из передних и задних сосков вымени; б) влияние объема коллектора на колебания вакуумметрического давления: 1 – попарное доение; 2 – одновременное доение сосков

Например, для лучшей стимуляции коровы перед доением применяется принцип двойного вакуума. Он состоит в том, что при малой молокоотдаче (рис. 3.3.3.3.11а) в начале доения используют высокочастотную стимуляцию при низком вакуумметрическом давлении (20–33 кПа). В середине доения при большой молокоотдаче применяют вакуумметрическое давление 40–50 кПа (рис. 3.3.3.3.11б). Додой производят также при низком вакуумметрическом давлении. Высокочастотная стимуляция вымени сокращает стадию додаивания, улучшает кровоснабжение вымени. Продолжительность стимуляции составляет 20, 40, 60 или 90 секунд при вакуумметрическом давлении 20 кПа. Для преодоления дефицита стимуляции применяют альтернативное повышение частоты пульсаций в течение всего времени основного доения, обеспечивая повышенный уровень окситоцина и тем самым быстрое выдаивание при большом потоке молока. При этом через каждые 10 секунд стандартной пульсации происходит повышение частоты пульсации до 200 тактов в минуту в течение 5 секунд. При частоте пульсаций ниже допустимой уменьшается продолжительность такта сжатия, а выше допустимой – неполное сжатие и рас-

крытие сосковой резины. В том и другом случаях увеличивается продолжительность доения.





е

Рисунок 3.3.3.11 Методы стимуляции молокоотдачи:

а – содержание гормона окситоцина в плазме крови (1 – сосание теленком; 2 – ручное доение; 3 – машинное доение); а) изменение вакуума; б) стимуляция в такте сосания; в) изменение пульсаций при стимуляции доения; г) высокочастотная стимуляция вымени в процессе основного доения; д) динамические характеристики доения; г) продолжительность доения

Отличие пульсационных диаграмм одновременного и попарного доения четвертей вымени состоит, во-первых, в превышении номинального вакуума (рис. 3.3.3.3.12а) скоростью раскрытия сосковой резины и усилием ее предварительного натяжения, и, во-вторых, в падении вакуума (рис. 3.3.3.3.12б) в такте сосания, вызванного противоположной парой доильных стаканов.

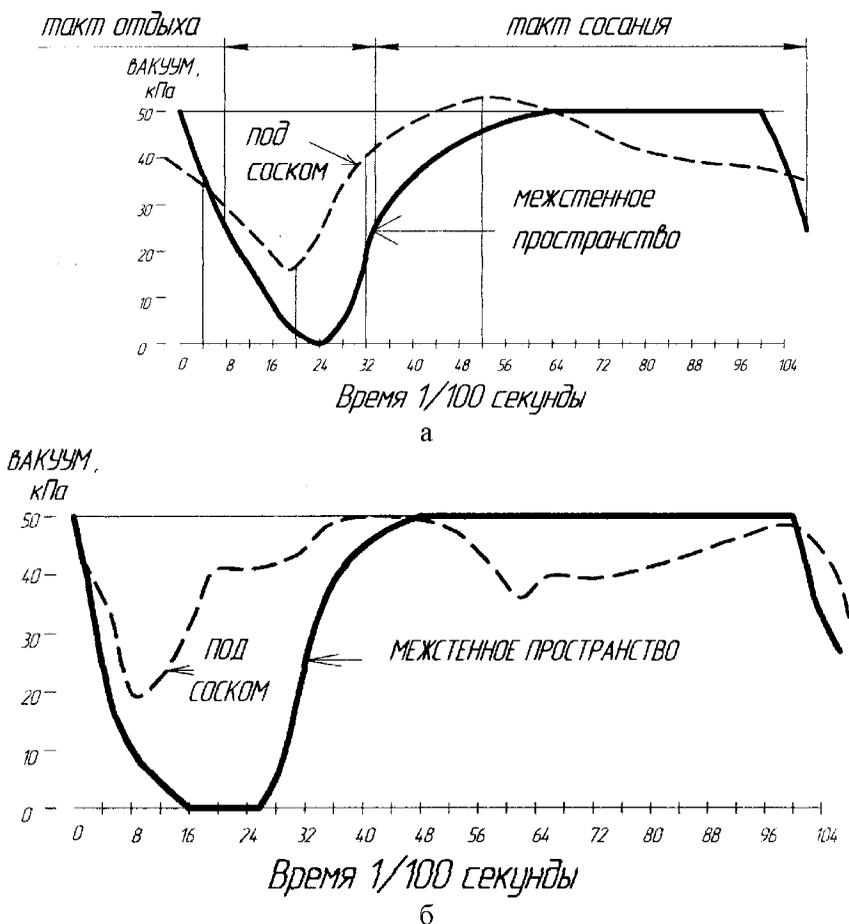


Рисунок 3.3.3.3.12 Вакуум в межстенном пространстве и под соском: а) одновременное доение; б) парное доение (поток молока – 8 л/мин., частота пульсаций – 60 пульсов в минуту, соотношение тактов – 71:29, доение в ведра)

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. 3.3.3.3.13а,б). Номинальная частота пульсаций пульсатора соответствует температуре воздуха +20°С.

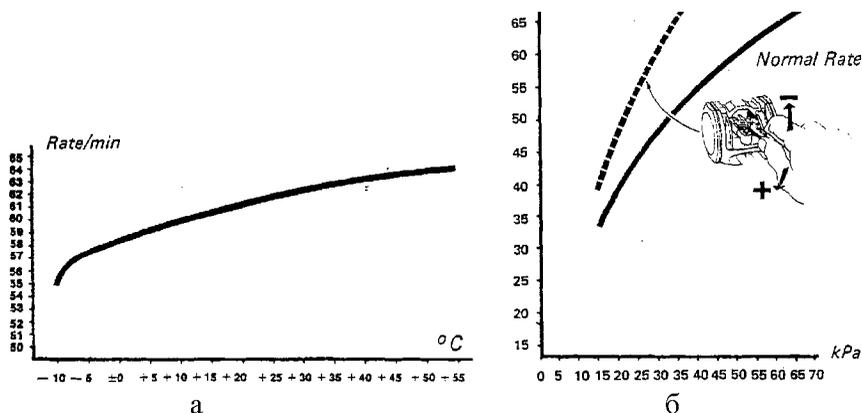


Рисунок 3.3.3.3.13 Влияние внешних факторов на частоту пульсации: а) температура; б) давление

Диагностирование дефектов и неисправностей, допущенных при монтаже и эксплуатации в целях определения технического состояния доильной установки, является важным этапом их технического сервиса. Оно осуществляется на основании сравнения параметров фактического режима с номинальными параметрами режима. Приборной базой диагностирования импортного оборудования являются вакуумметры, тестеры и расходомеры. Например, назначение тестера VPR100 – измерение импульсного и долговременного вакуума, частоты пульсаций пульсатора и отдельных фаз пульсационного цикла, а также частоты вращения вала электродвигателя. Все измерения сохраняются и систематизируются в приборе. Внутренняя память имеет объем более чем 2000 измерений от 200 ферм и 9 различных пользователей. Результаты показываются в виде графика или числа на экране.

Для измерения параметров пульсаций давления применяется прибор VPR100 и Тестер Alfa Tronic МК IV, (рис. 3.3.3.3.16). Измерение частоты и фаз производится подключением датчика давления прибора в разрыв короткого вакуумного патрубка от коллектора к доильному стакану (рис. 2.3.16а). Результаты измерения показываются в виде графика с характеристикой параметров (рис. 2.3.14б).

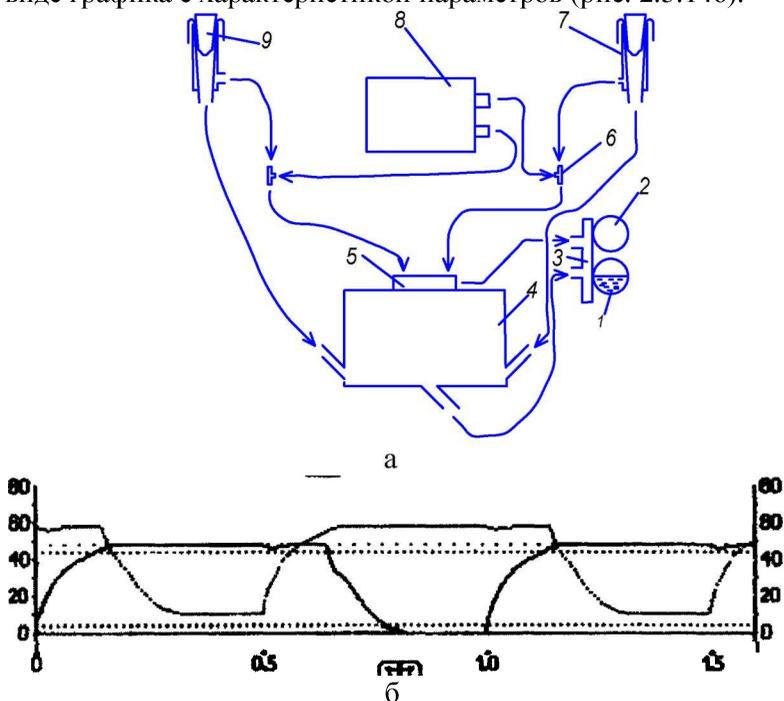


Рисунок 3.3.3.3.14 Диагностика пульсационных циклов:

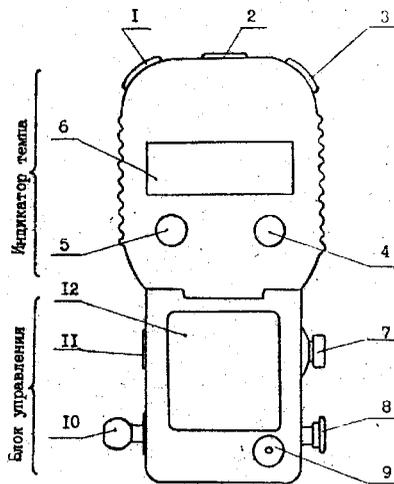
а) схема (1 – молочный трубопровод; 2 – вакуумный трубопровод; 3 – ручка доильного аппарата; 4 – коллектор; 5 – распределитель; 6 – тройник; 7 – доильный стакан; 8 – прибор диагностический; 9 – заглушка); б) графическое отображение цикла

Диагностический прибор VPR25 может измерять шесть параметров пульсационного цикла (фазы А+В, В, С, D, частоту пульсаций и максимальный вакуум) и три параметра вакуумметрического давления (минимальный, средний и максимальный вакуум). Измерение фаз пульсационного цикла производится в % или мс (табл. 3.3.3.3.4).

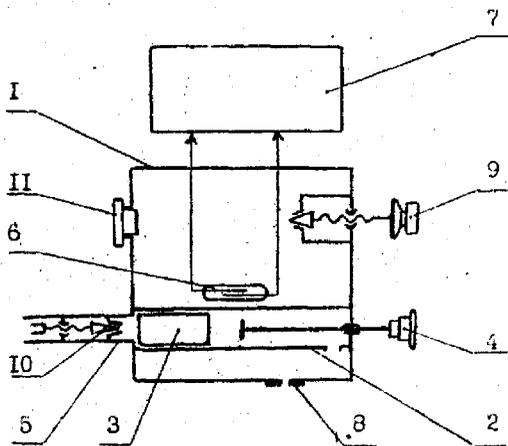
Таблица 3.3.3.3.4 Назначение средств индикации прибора ВПР–25

Обозначение	Назначение
	лампочки индикации измеряемого параметра (фаз пульсационного цикла или характеристик вакуумметрического давления)
	лампочки индикации измеряемого объекта (вакуума или пульсационного цикла)
	кнопка включения диагностического прибора и выбора единиц измерения (кПа или мм.рт.ст)
	кнопка выбора объекта измерения (вакуума или пульсационного цикла)
	лампочки индикации выбранного объекта измерения (вакуума или пульсационного цикла)
	кнопка выбора конкретных параметров (фаз пульсационного цикла или характеристик вакуумметрического давления)

Измерение временных параметров пульсирующего вакуумметрического давления и сигнализацию его порогового значения при техническом контроле и наладке доильных установок, в том числе оснащенных вибропульсаторами, можно проводить с помощью индикатора переменного вакуума ИПВ-01 (рис. 3.3.3.3.15). Он выполнен в виде карманного прибора и состоит из двух жестко состыкованных блоков – индикатора темпа и управления. Принцип работы индикатора основан на преобразовании блоком управления пульсирующего вакуумметрического давления в дискретные электрические сигналы, обрабатываемые индикатором темпа. Если давление понизится до порогового значения, то в установленном присоединительным штуцером вверх индикаторе поршень под действием силы тяжести опустится до упора штока, замкнув геркон (6), который в зависимости от исходного состояния индикатора темпа (7), включит или остановит его секундомер. Одновременно последует звуковой сигнал. Диагностический прибор подключают в разрыв короткой вакуумной трубки с помощью тройника и шланга.



а



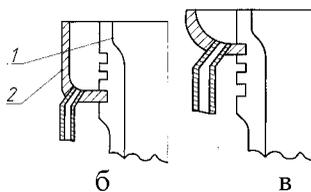
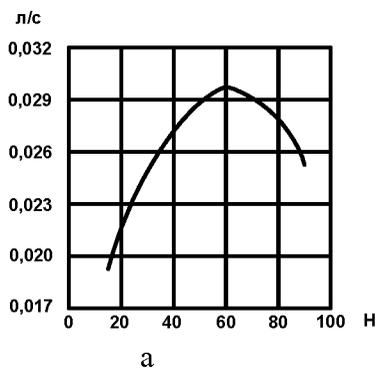
б

Рисунок 3.3.3.15 Индикатор переменного вакуума:

- а) общий вид (1,5 – клавиши; 6 – индикатор; 7 – маховичок; 8 – головка штока; 9 – пневмокнопка; 10 – штуцер; 11 – заглушка; 12 – табличка); б) структурная схема (1 – корпус блока управления; 2 – гильза; 3 – магнитный поршень; 4 – головка штока; 5 – штуцер; 6 – геркон; 7 – индикатор темпа; 8 – пневмокнопка; 9 – маховичок; 10 – игла; 11 – заглушка)

Сосковая резина ежесуточно совершает около 30000 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 (рис. 3.3.3.3.16а). Молочный патрубкок сосковой резины (через 10 дней эксплуатации) следует протягивать до очередного выступа, а после окончания доения ослаблять (рис. 3.3.3.3.16б–г). На первом кольцевом углублении сосковая резина работает два месяца, на втором и третьем также соответственно по два месяца. После шести месяцев эксплуатации сосковую резину заменяют новой. Пренебрежение этого требования нарушает равномерность выдаивания и снижает продуктивность коров. При недостаточном натяжении сосковой резины вакуум во время такта сосания действует не на кончик соска, а на значительную его часть (рис. 3.3.3.3.16г), 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.



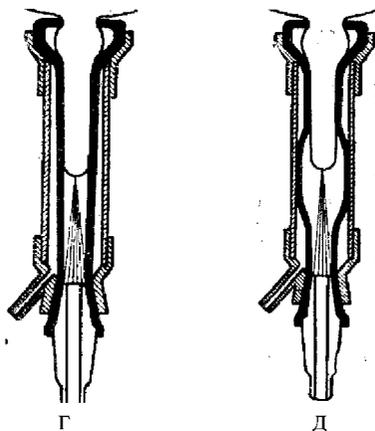
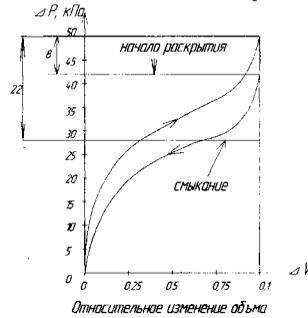


Рисунок 3.3.3.3.16 Характеристики сосковой резины:

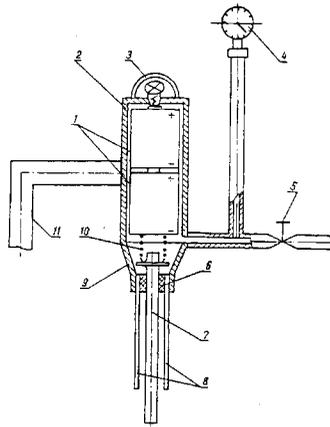
- а) зависимость скорости доения от натяжения; б) положение новой сосковой резины в гильзе доильного стакана (1 – сосковая резина; 2 – гильза); в) фиксация резины на последнем, третьем кольцевом углублении; г) правильное положение сосковой резины в доильном стакане; д) слабое натяжение сосковой резины в доильном стакане в процессе доения*

Распределение фаз пульсационной диаграммы применяют при комплектовании сосковой резины по жесткости. Доильный стакан с более жесткой (более натянутой) сосковой резиной выдаивает сосок несколько быстрее, чем стакан с менее жесткой (менее натянутой) сосковой резиной, то есть при разной жесткости сосковой резины в доильном аппарате для того, чтобы полностью выдоить молоко из вымени, отдельные соски приходится «передаивать». Движение сосковой резины управляется разностью давления в межстенном пространстве доильного стакана и давлением под соском. Этот перепад давлений преодолевает сопротивление предварительно натянутой сосковой резины (рис. 3.3.3.3.17). Большее усилие натяжения или использование менее эластичной сосковой резины увеличивает время смыкания и сокращает время раскрытия ее. Устройством для диагностики доильных стаканов в сборе (рис. 3.3.3.3.17б) доильные стаканы комплектуют по группам в зависимости от вакуума смыкания. Измерение этим устройством начинают с надевания собранного доильного стакана на конус устройства. Закрывают пальцем молочный патру-

бок. В подсосковой камере и конусе создается вакуум. Резина сжимается и прижимает пружинный контакт к трубке, соединяющей корпус с подсосковой камерой. В момент замыкания контактов загорается лампочка, затем снимаются показания вакуумметра, шкала которого разделяется на группы. При неисправной сосковой резине или патрубке контакты вообще не замкнутся. Расход воздуха доильным стаканом, измеряемый ротаметром, составляет 15 литров в минуту или 60 литров в минуту одним доильным аппаратом.



а



б

Рисунок 3.3.3.3.17 Диагностика давления смыкания сосковой резины: а) кривая деформации сосковой резины а) измерителем параметров пульсаций; б) пружинным устройством (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; 12 – шланг)

Количество доильных аппаратов, которые можно использовать на доильной установке, определяют по запасу резервного воздуха. Запас определяют расходомером. Технология оценки запаса производится по схеме (рис. 3.3.3.3.18). Воздушный поток увеличивают до начала поворота стрелки вакуумметра. Вакуумный регулятор максимально открыт при отключенных доильных аппаратах и, наоборот, закрыт при всех задействованных доильных аппаратах и определенной изношенности вакуумного насоса.

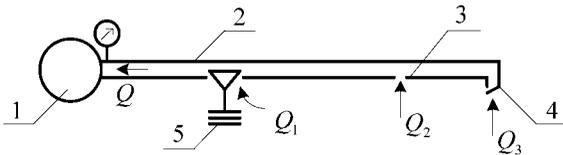


Рисунок 3.3.3.3.18 Схема движения потоков воздуха в установке:
 1 – насос вакуумный; 2 – трубопровод; 3 – цель; 4 – аппарат доильный; 5 – регулятор вакуума

Проверку величины вакуума в подвесной части доильного аппарата осуществляют с контрольным вакуумметром и заменителями сосков (рис. 3.3.3.3.20б). Подсоединяют один из заменителей к контрольному вакуумметру и проверяют верхнее значение рабочего вакуума. Нижнее значение рабочего вакуума (на конце соска) должно составлять 33 ± 3 кПа. Если уровень вакуума выходит за пределы погрешности, то регулируют редукционный клапан. Вручную переключают доильный аппарат в режим доения, подняв меха или опору мехов на корпусе. Считывают показания прибора и сравнивают с теми, которые предписаны для конкретной установки. Погрешность: ± 2 кПа.

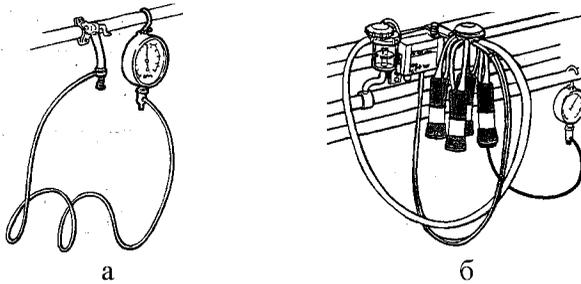


Рисунок 3.3.3.3.20 Диагностирование уровня вакуума:
 а) в трубопроводе; б) в подвесной части

При диагностировании ручного переключения режима доения вытягивают регулятор из корпуса (рис. 3.3.3.3.21а). Также снимают дренажную трубку, но поплавков оставляют на дне индикатора. Подсоединяют контрольную вакуумную трубку к контрольному вакуумметру (рис. 3.3.3.3.21б). Дуовак – в фазе низкого вакуума. Переключают аппарат в режим доения вручную, подняв опору мехов. Используя показания прибора, убеждаются, что аппарат Дуовак переключился в режим доения. Убеждаются, что меха (опора) подняты. Они должны быть подняты, даже если на них воздействует небольшое давление (около 0,1кг).

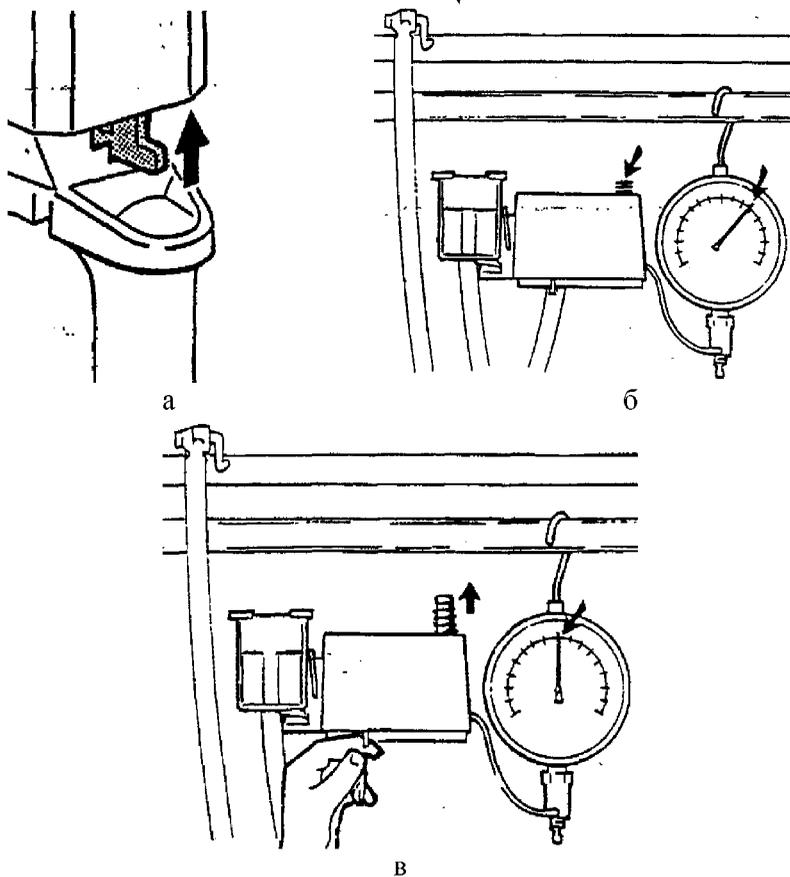


Рисунок 3.3.3.3.21 Диагностирование ручного переключения:
 а) регулятор; б) подключение вакуумметра; в) переключение режима

Автоматическое переключение режима производят следующим образом. Поднимают поплавков (рис. 3.3.3.3.22а). Меха (опора) должны оставаться в режиме доения. Доильный вакуум сохраняется. Опускают поплавок на дно корпуса индикатора. Убеждаются, что Дуовак переключился в режим низкого вакуума (рис. 3.3.3.3.22б).

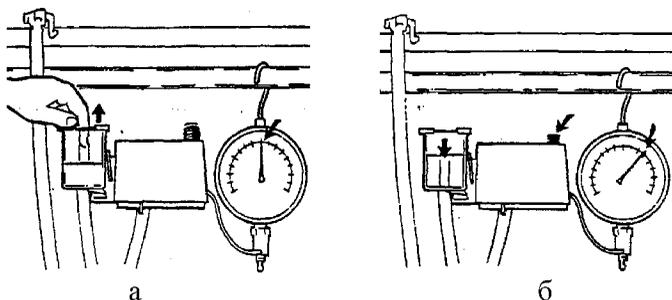


Рисунок 3.3.3.3.22 Тестирование автоматического переключения режима доения:

а) подъем поплавка; б) опускание поплавка

Ручное переключение от низкого уровня вакуума к рабочему уровню для фазы доения производится оператором путем перевода в верхнее положение клапана (12) на корпусе Дуовака (рис. 3.3.3.3.23).

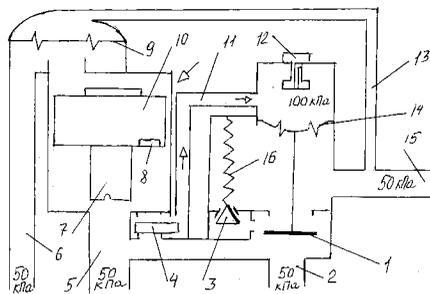


Рисунок 3.3.3.3.23 Схема датчика:

1 – клапан; 2, 5, 6, 15 – трубы; 3, 12 – клапаны; 4, 8 – магниты; 7 – дренажная трубка; 9, 14 – мембраны; 10 – поплавок; 11, 13 – канал; 16 – пружина

Воздух поступает в камеру через отверстие на оси клапана. Клапан (1) открывается, и вакуум фазы доения поступает в пульсатор и на верхнюю сторону диафрагмы (9) в блоке регулирования. Когда

молокоотдача увеличивается, воздух поступает в камеру обычным путем – по каналу (11). Клапан (1) возвращается в исходное положение, и уровень вакуума снова автоматически регулируется.

Пульсатор попарного доения AERODYN чистят и смазывают специальным маслом, не оказывающим вредного воздействия на диафрагмы, максимум один раз в три месяца. Его разбирают (см. рис. 3.3.3.3.24а) и меняют (рис. 3.3.3.3.24б) фильтры (1). Очищают компоненты и корпус пульсатора сухой и чистой материей. Проверяют техническое состояние втулки (2) и каналов (3) в плече механизма переключения (2), 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.

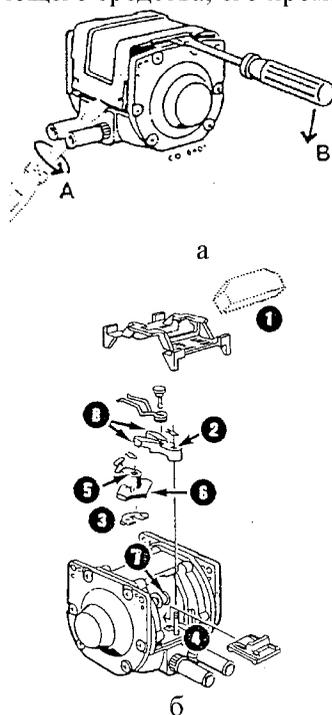


Рисунок 3.3.3.3.24 Технология обслуживания пульсатора:
а) снятие крышки; б) места смазки

Перед регулировкой частоты пульсаций пульсатор НР 102 необходимо промыть. Частоту пульсации (рис. 3.3.3.3.25) изменяют, поворачивая стержень пульсатора специальными плоскогубцами (вверх – уменьшают частоту, вниз – увеличивают частоту). Поворот стержня на 40 градусов изменяет частоту от 1 до 15 пульсов в минуту.

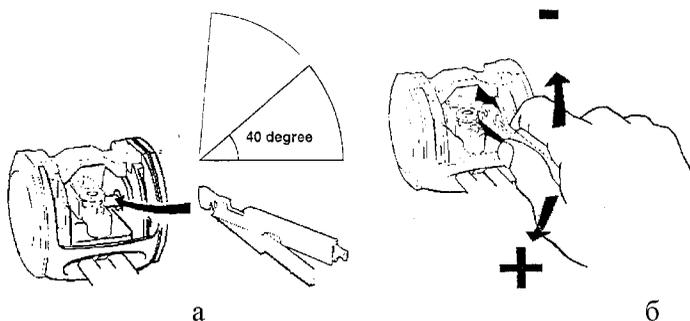
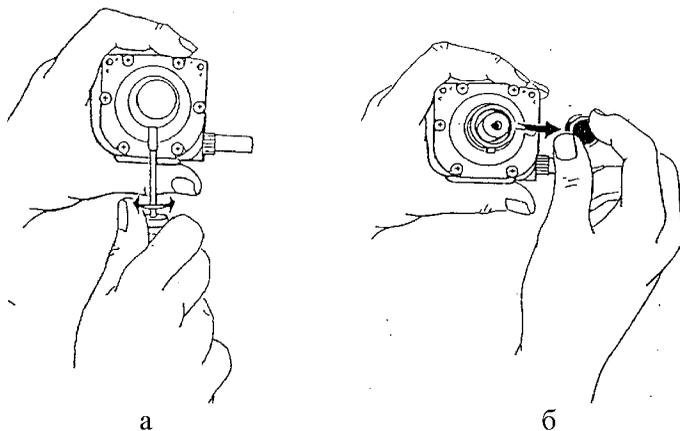
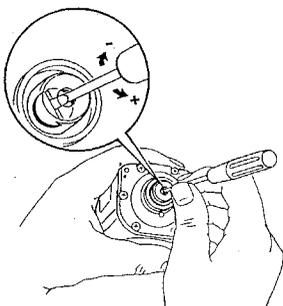


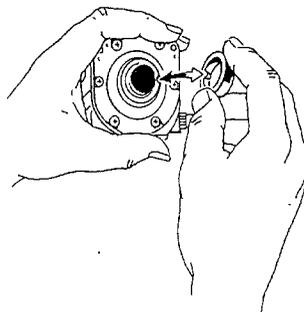
Рисунок 3.3.3.3.25 Регулировка пульсатора НР 102:
а) поворот стержня; б) направления регулировки

Регулировку частоты пульсаций пульсатора AERODYN Exact выполняют отверткой (рис. 3.3.3.3.26), поворачивая игольчатый клапан: по часовой стрелке – для меньшей частоты пульсаций и против часовой стрелки – для большей частоты пульсаций (рис. 3.3.3.3.26в). Поворот на 90 градусов соответствует приблизительно трем тактам, если скорость приблизительно 60 пульсов в минуту, а уровень вакуума 50 кПа.





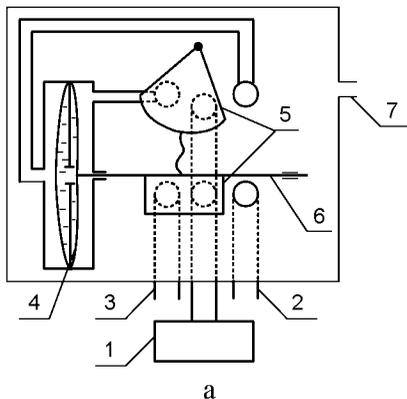
В



Г

Рисунок 3.3.3.3.26 Регулировка пульсатора EVRODIN:
 а) снятие крышки; б) снятие резиновой крышки; в) регулировка
 игольчатого клапана ;г) установка резиновой крышки

В пульсаторе гидравлическом (рис. 3.3.3.3.27) 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.



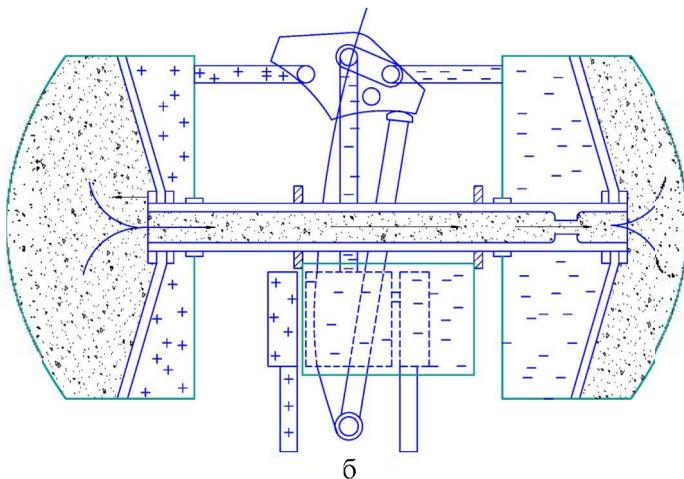


Рисунок 3.3.3.3.27 Регулировка площади отверстия

Регулировка частоты пульсаций электромагнитных пульсаторов парного доения, действующие 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. 3.3.3.3.28а). В мембранном пульсаторе частота пульсаций регулируется винтом (рис. 3.3.3.3.29б).

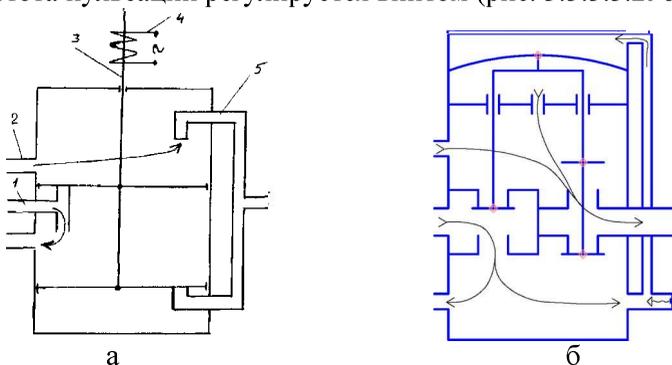


Рисунок 3.3.3.3.28 Пульсаторы попарного доения четвертой вымени: а) электромагнитный (1 – патрубок атмосферного воздуха; 2 – патрубок пульсирующего вакуума; 3 – механизм клапанный; 4 – электромагнит; 5 – патрубок постоянного вакуума); б) мембранный

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 оказываются два высокочастотных или низкочастотных блока или же просто блоки меняются местами (рис. 3.3.3.3.29а).

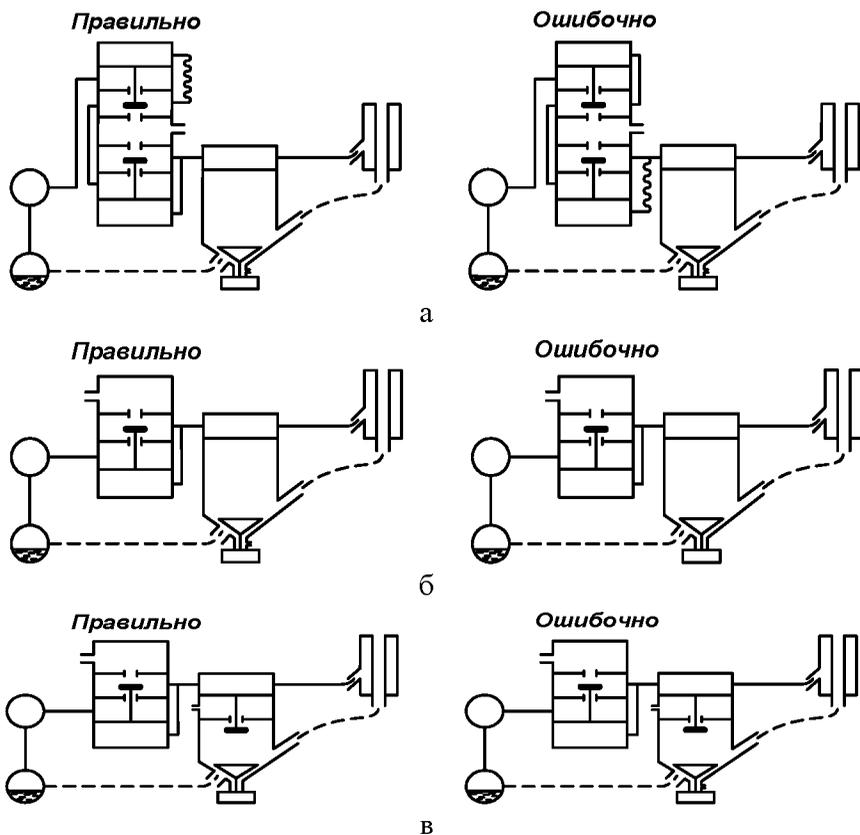


Рисунок 3.3.3.3.29 Варианты комплектации доильных аппаратов: а) вибропульсаторных; б) основного исполнения; в) низковакуумных

Кроме того, работоспособность доильных аппаратов зависит также от коллекторов. На нижней торцевой поверхности крышки

коллектора доильного аппарата основного исполнения имеется проточка, через которую постоянно во время доения поступает в коллектор воздух (рис. 3.3.3.3.296).

Этот поток воздуха способствует удалению молока из коллектора в молочный трубопровод. В коллекторе низковакуумного доильного аппарата функцию напуска воздуха (в такте сжатия) выполняет клапанное устройство. Поэтому в низковакуумных (рис. 3.3.3.3.29) доильных аппаратах нижняя крышка не имеет проточки под седлом клапана.

Неосмотрительная установка 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, то есть 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.

Снижение безотказности доильных аппаратов обуславливают износ клапана пульсатора, засоренные прорези или отверстия в крышках коллектора, наличие трещин в молочных трубках. Износ клапана пульсатора увеличивает его ход до 1,5–2,0 вместо требуемых 0,6–0,8 мм. Одновременно изменяется соотношение тактов пульсатора (рис. 3.3.3.3.30).

Загрязнения прорези и отверстия замедляют эвакуацию молока из коллектора и шланга. Восстановление работоспособности обеспечивает прочистка острым предметом канавки для постоянного подсоса воздуха на корпусе коллектора (под клапаном).

Частая выбраковка молочных трубок обуславливается наличием трещин. Трещины возникают вследствие перегибов на косо срезанных молочных патрубках корпуса коллектора.

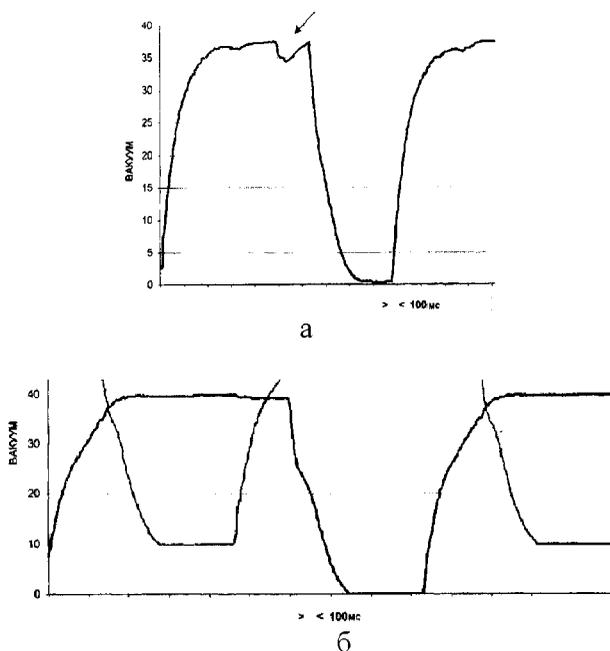
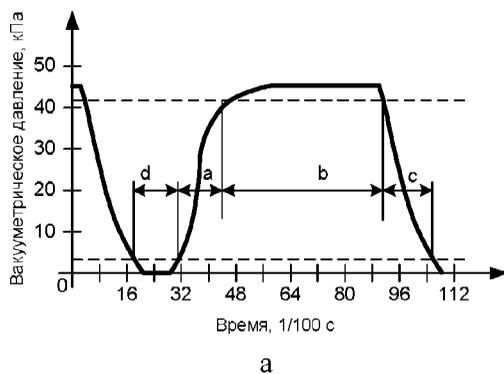


Рисунок 3.3.3.30 Пульсационная диаграмма дефектного клапана:
а) дефектный клапан; б) исправный клапан

Пульсатор с мембраной длительного срока использования характеризуется меньшим временем такта сосания и большей частотой пульсаций (рис. 3.3.3.31). Периодичность замены резинотехнических деталей приведены в таблице 3.3.3.3.5.



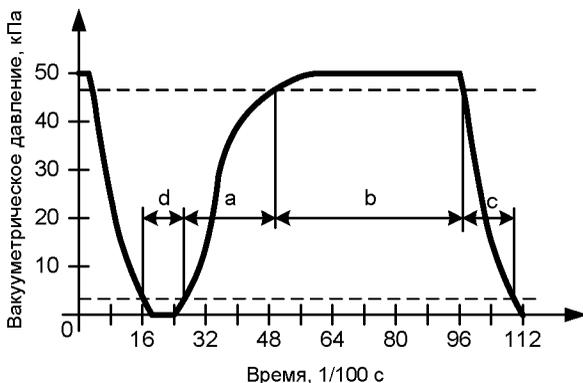


Рисунок 3.3.3.3.31 Пульсационная кривая пульсаторов:

а) мембрана новая; б) мембрана старая

Таблица 3.3.3.3.5 Периодичность замены резинотехнических деталей и фильтров

Наименование операций технического сервиса	Периодичность
Замена сосковой черной резины и коротких молочных шлангов	750
Замена силиконовой сосковой резины	1500
Срок хранения силиконовой сосковой резины	1 год
Срок хранения черной сосковой резины как запасной части	6 месяцев
Замена резины пульсаторов	2 года
Замена силиконовых вакуумных шлангов	5 лет
Замена молочного фильтра длиной 250; 450 и 800 мм	500; 1000 и 4000 литров очищаемого молока

Доильные аппараты разбирают на детали и дефектуют, моют и собирают при периодическом техническом обслуживании. Производственные участки станции технического обслуживания и ремонта животноводческого оборудования оснащают специальными стендами, приспособлениями и наборами инструментов. Так, снятие шлангов и трубок доильного аппарата (рис. 3.3.3.3.32) облегчает применение съемника. При снятии шлангов с коллектора доильного аппарата про-

резь съемника фиксируется на соответствующем патрубке, а затем, раздвигая рычаги, снимают с патрубка шланг.

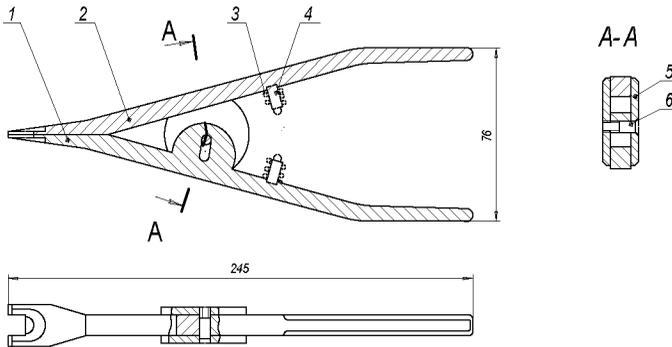


Рисунок 3.3.3.32 Съемник шлангов и трубок:

1, 2 – рычаги; 3 – пружина; 4 – фиксатор; 5 – втулка; 6 – ось

Для повышения производительности процесса разборки доильного аппарата применяются автоматизированные устройства (рис. 3.3.3.3.33). В процессе съема сосковой резины гильза доильного стакана зажимается, а сосковая резина выталкивается из гильзы доильного стакана цанговым патроном.

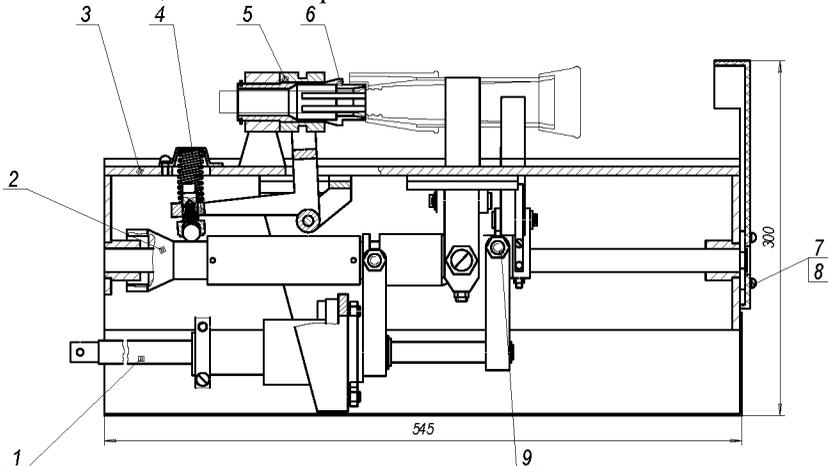


Рисунок 3.3.3.3.33 Устройство для разборки доильных стаканов:

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 рисунке 3.3.3.3.34а. Шток (1) с трубкой (2) устанавливают на соответствующий патрубок пульсатора или коллектора и нажатием на корпус (4) устанавливают трубку. Пружина (3) возвращает корпус в исходное положение. Шток с корпусом и пружиной извлекают из штуцера. При снятии вручную со штуцеров молочных и вакуумных шлангов они часто обрываются или повреждаются. Чтобы этого не произошло, применяют приспособление (рис. 3.3.3.3.34б). При снятии шланга со штуцера штуцер устанавливают в соответствующий паз и деталь тянут на себя, отчего шланг (трубка) легко снимается.

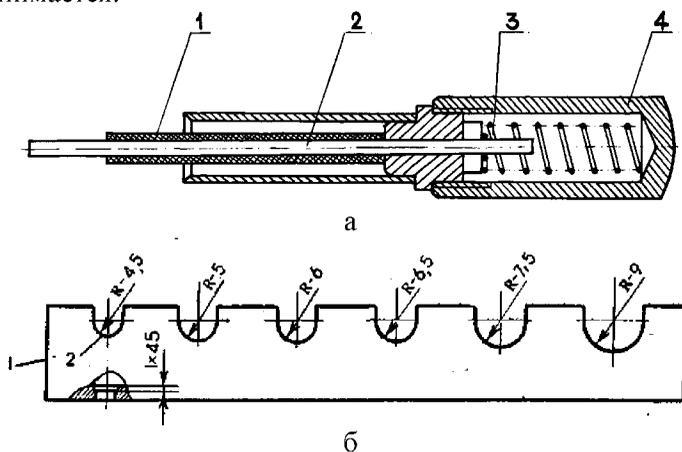
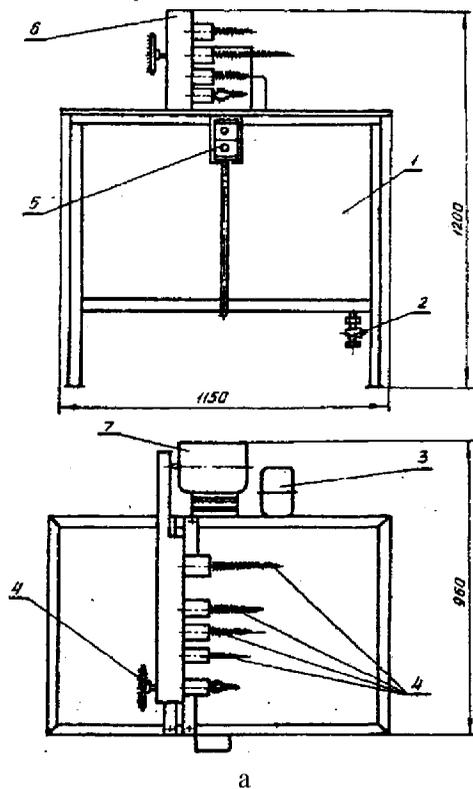


Рисунок 3.3.3.3.34 Приспособления:

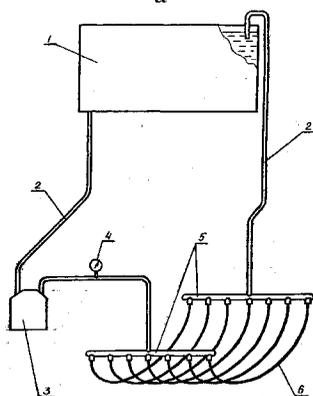
а – для надевания вакуумной трубки (1 – одеваемая трубка; 2 – шток; 3 – пружина; 4 – корпус); *б* – для снятия шлангов (1 – уголок №3; 2 – профрезованные пазы с радиусами, равными радиусам штуцеров)

Отверстия крышек (ведер, коллекторов, пульсаторов), гильз доильных стаканов, смотровых конусов, тройников доильных аппаратов моют щетками, закрепленные во вращающихся щеткодержателях (рис. 3.3.3.3.35а). Дезинфицируют и моют резиновые шланги доильных аппаратов циркуляционной промывкой (рис. 3.3.3.3.35б) или моющей жидкостью, подаваемой центробежным насосом к гребенкам

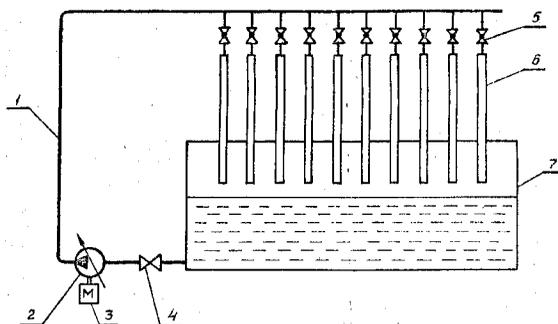
(рис. 3.3.3.35в). При этом шланги растягиваются, вскрывая внутренние поры, и качество промывки повышается.



а



б

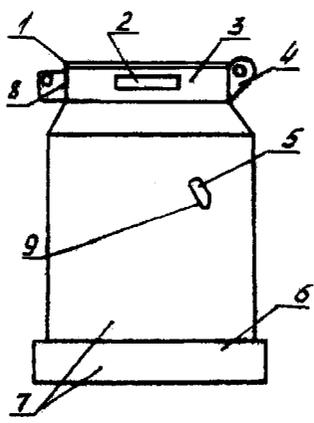


В

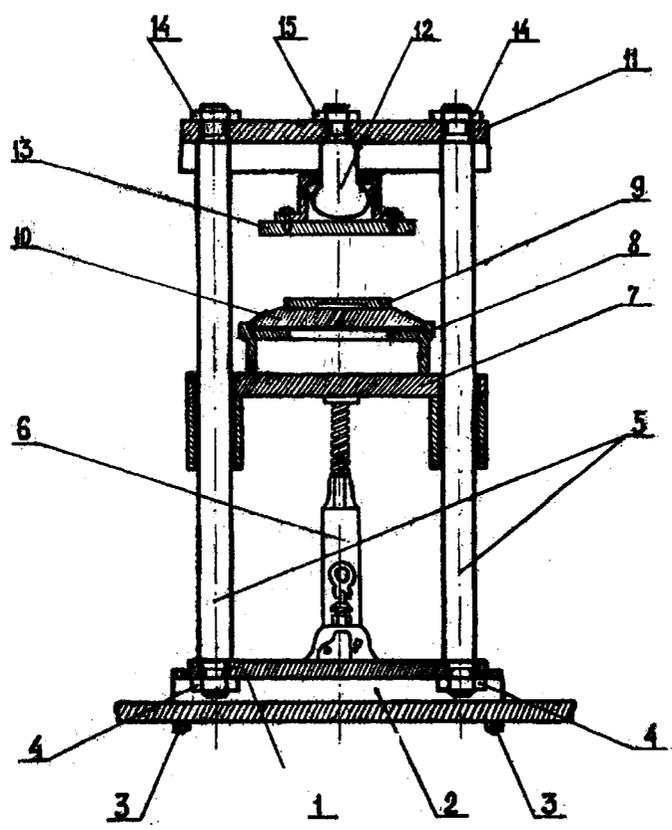
Рисунок 3.3.3.35 Моечные установки:

а) щеточная (1 – ванна; 2 – кран; 3 – пускатель магнитный; 4 – щетки; 5 – пульт управления; 6 – механизм вращения щеток; 7 – электродвигатель); б) циркуляционная (1 – резервуар; 2 – трубопровод; 3 – насос; 4 – манометр; 5 – гребенка; 6 – шланги); в) напорная (1 – трубопровод; 2 – насос; 3 – электродвигатель; 4 – клапан; 5 – вентиль; 6 – шланги; 7 – ванна)

В процессе эксплуатации доильных аппаратов с доением в ведра (рис. 3.3.3.3.36а) возможна деформации крышки и горловины ведер, вызывающие подсос воздуха и нарушающая вакуумный режим работы. Выравнивание крышек и горловин доильных ведер производят с помощью пресс-формы (рис. 3.3.3.2.36а–б), 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° . В крышку вкладывают сначала (I) и (II) части, а затем (III) и (IV) пресс-формы. Потом уже с пресс-формой крышку устанавливают в оправку и накладывают на пресс-форму опрессовочный диск. С помощью гидравлического домкрата подводят подвижную плиту с оправкой и крышкой к диску упора. По мере наложения усилия части пресс-формы, имея углы наклона плоскостей разреза, раздвигаются по образующей крышки, придавая ей первоначальную форму. Затем отворачивают винт домкрата, снимают опрессовочный диск, а потом крышку с пресс-формой. Приспособление для правки горловин ведер доильных аппаратов (рис. 3.3.3.2.36в) состоит из разрезанных пополам оправки (4) и направляющих втулок (5), диска (2), съемника (1) и болтов-стяжек (6).



a



б

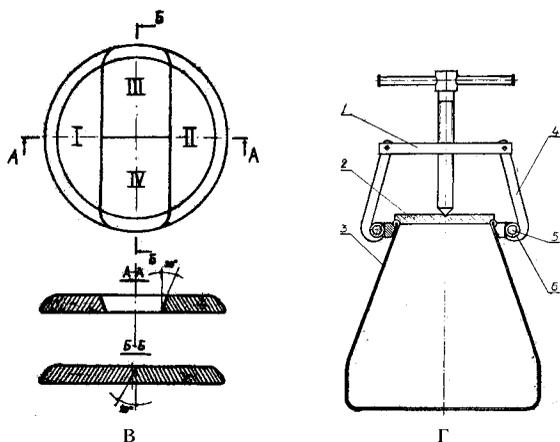


Рисунок 3.3.3.36 Приспособления для правки крышек ведер:

а) дефекты корпуса молочной фляги (1 – деформация горловины; 2 – обрыв ручек; 3 – трещины верхнего обруча; 4 – обрывы кронштейна; 5 – пробоины; 6 – обрывы нижнего обруча; 7 – вмятины; 8 – трещины или деформация обруча; 9 – применение запрещенных материалов); а) приспособление (1 – плита опорная; 2 – швеллер; 3 – болт; 4 – гайка; 5 – стойка направляющая; 6 – домкрат; 7 – плита подвижная; 8 – оправка; 9 – диск опрессовочный; 10 – пресс-форма; 11 – переключатель; 12 – упор; 13 – диск; 14 – гайка; 15 – гайка); б) пресс-форма; в) схема правки горловин ведер доильных аппаратов (1 – съемник; 2 – опрессовочный диск; 3 – ведро доильное; 4 – оправка; 5 – направляющая; 6 – болт-стяжка)

Устранение овальности горловины производится оправкой, деформации в горизонтальной плоскости опрессовочным диском и съемником. Вместо винта съемника можно применять домкрат. Предлагаемое приспособление дает возможность устранить неисправность непосредственно на ферме во время планового технического обслуживания.

Срок службы группового счетчика во многом зависит от четкого соблюдения персоналом правил его эксплуатации, бережного обращения и содержания в чистоте. Перед каждой дойкой показатель счетного механизма устанавливают на «0», нажав соответствующую кнопку на пульте. А после дойки, чтобы опорожнить дозирующую камеру от молока, рукой поднимают металлическую трубку. Чистоту

калиброванного отверстия в этой трубке положено контролировать ежедневно. По завершении доения коров и измерения молока производится безразборная промывка доильной установки с групповым порционным счетчиком-дозатором. Промывают счетчик путем интенсивной подачи в него моющей жидкости. Дозирующая камера счетчика заполняется моющей жидкостью до крышки; часть жидкости отсасывается через патрубок крышки в коллекторную трубу и далее – в молокоприемник доильной установки, обеспечивая тем самым промывку всех внутренних поверхностей счетчика.

Разборка счетчика-дозатора с очисткой всех наслоений на поверхностях его деталей производится раз в месяц. Разборку выполняют в следующей последовательности: отсоединяют от коллектора шланг; от металлической трубки отсоединяют шланг подвода вакуума к сиффону сумматора; ослабляют гайки скобы и отсоединяют корпус с мерной камерой от крышки, отсоединяют дозирующую камеру и перегородку от корпуса; снимают фильтр с торца трубки. При разборке счетчика не рекомендуется ослаблять стяжной обруч корпуса во избежание нарушения регулировки. Затем вручную промывают и очищают от наслоений корпус, трубку с поплавком и клапаном, мерную камеру со шлангом, перегородку и фильтр на трубке. По завершении промывки в обратной последовательности осуществляют сборку счетчика.

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%. Безразборная диагностика неисправностей пневмогидравлического устройства учета количества молока и способы их устранения приведены в таблице 3.3.3.3.6.

Перед техническим обслуживанием следует: до контрольного доения проверить правильность сборки устройства; после контрольной дойки доильными установками с молокопроводом в залах, на пастбищах и в стойлах устройство промывают циркуляционно совместно с молочной системой доильной установки. Затем делают это вручную до следующей контрольной дойки. Растворы и воду с температурой выше 55°C применять не рекомендуется, так как при повышенных температурах устройство может выйти из строя из-за деформа-

ции пластмассовых деталей. При средней и нормальной жесткости воды можно применять для промывки любой порошок, а при наличии очень жесткой воды только моченый порошок А и используют ерши, которые поставляются в комплекте с устройством.

Таблица 3.3.3.3.6 Характерные отказы счетчика учета молока

Неисправность	Причина	Способ устранения
Шум от подсоса воздуха и бурление молока	Подсос воздуха в приемной или отмерной камере происходит через прокладку или клапан	Снять прокладку или клапан и промыть; заменить дефектную деталь
В мензурку не поступает молоко. Устройство имеет погрешность сверхдопустимой	Засорение отверстий клапана, отверстий	Снять клапан, промыть и проверить возможность его свободного перемещения в отверстии; прочистить отверстия, пробку, заменить дефектную деталь
Бурление молока в камере	Поплавок не перекрывает отверстие	Прочистить отверстие и прокладку. Заменить прокладку

Работу счетчиков ухудшает отсутствие прямолинейности молокопровода. Основная причина такого явления – крутые подъемы молокопровода или большое провисание пластмассовых труб. Крутые подъемы молокопровода вызваны, как правило, затяжкой замены вышедших из строя мембран пневматических камер. В результате этих отказов ветви молокопровода в кормовых проходах оказываются постоянно поднятыми. Скопление молока в местах прогиба и его дальнейшее резкое продвижение переполняет дозаторы. Эксплуатация таких молокопроводов сопровождается сбиванием молока на подъеме. Пульсирующие движения создают условия для сбивания молочного жира.

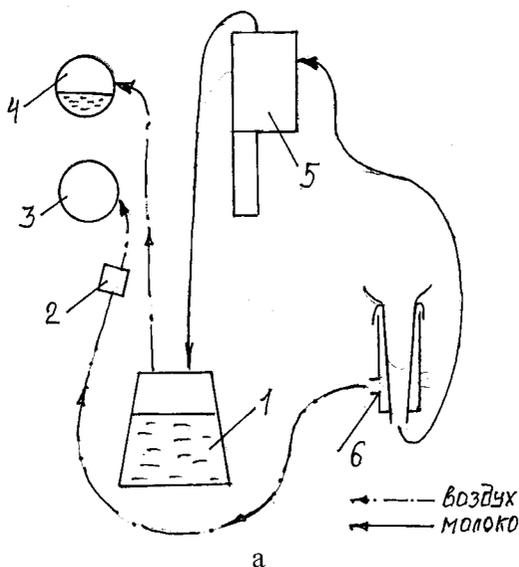
Один раз в год проверяют точность показаний устройства зоотехнического учета молока (рис. 3.3.3.3.37а). Устройство соединяют с молочно-вакуумным краном и производят доение коровы в доильное ведро. Определяют количество выдоенного молока по показаниям устройства, отсчитав его по рискам шкалы мензуры. Выливают молоко из доильного ведра в сосуд и определяют массу выдоенного моло-

ка, прошедшего через устройство. Относительную погрешность измерений устройства определяют по формуле

$$G = (X - X_1) \cdot 100\% / X_1,$$

где X – показание устройства; X_1 – фактическая масса удоя.

Устройство считается выдержавшим испытание, если среднее значение трех измерений относительной погрешности не превышает 5%. Проверка точности показаний импортных устройств производится после разборки счетчика молока. Первый способ предусматривает перекачку известного количества воды с помощью вакуума через счетчик молока (рис. 3.3.3.3.37б). Определяют объем откачанной воды по шкале счетчика молока и сравнивают результаты измерения. Второй способ предусматривает перекачку воды в доильное ведро (рис. 3.3.3.3.37в). Для этого открывают вакуумный кран (6), перекачивают известное количество воды из ведра (3) в мензурку (4). По мензуре (4) определяют объем перекаченной воды. Затем, закрыв клапан шланга, снова открывают вакуумный кран (6). Нажав кнопку (5) в верхней части счетчика, пропускают воду в доильное ведро (1). Взвесив ведро с водой и, учитывая показания измерительного контейнера, определяют вероятное отклонение измерения.



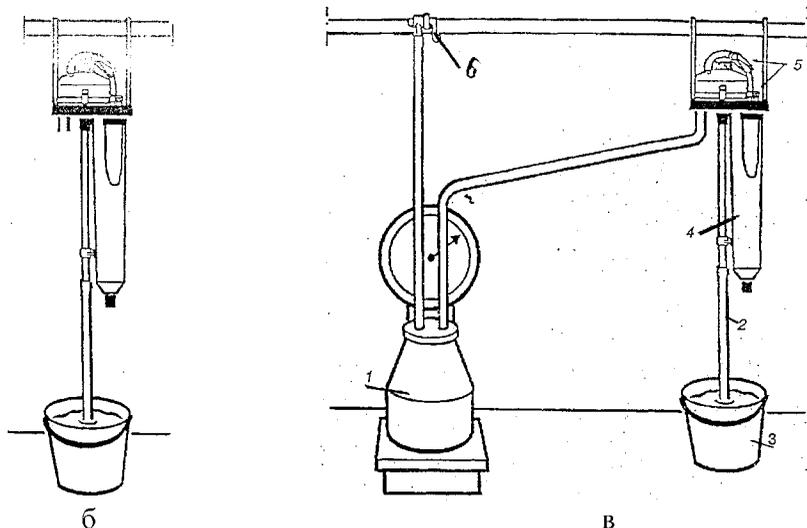


Рисунок 3.3.3.37 Устройства зоотехнического учета молока:
а) счетчик УЗМ-1А (1 – ведро доильное; 2 – пульсатор; 3 – вакуумный трубопровод; 4 – трубопровод молочный; 5 – устройство учета молока; 6 – доильный стакан); б-в) счетчик (1 – ведро доильное; 2 – шланг; 3 – ведро; 4 – мензура; 5 – кнопка; 6 – кран)

Системы вывода молока из-под вакуума также позволяют учитывать его количество. Молоко, выводимое из-под вакуума в отечественных доильных установках, можно учитывать по количеству включений насоса. Молоко накапливается в молокосорбнике на уровне между нижним и верхним электродами. В ряде установок молочный насос включается герконом.

В отечественной доильной установке типа АДС-100 включение молочного насоса осуществляет пневматическая система контроля. При нахождении поплавка в нижнем положении, диафрагма выключателя под давлением атмосферного воздуха удерживает контакт выключенным. При подъеме поплавка, его клапан перекрывает отверстие, позволяющее атмосферному воздуху проникать в камеру выключателя, и полость диафрагмы соединяется с полостью молокосорбника. Вакуумметрическое давление прогибает диафрагму и включает молочный насос. Качество работы элементов систем обеспечивает своевременная промывка.

3.3.4 Холодильные установки

3.3.4.1 Холодильный контур

3.3.4.1.1 Диагностирование количества хладагента

Основные диагностические признаки избытка или недостатка хладагента в холодильном контуре – закономерности изменения давления конденсации и кипения, перегрева паров, продолжительности цикла работы компрессора. Чрезмерная заправка зачастую обусловлена недостатком опыта у монтажника (или ремонтника), вследствие чего он заправляет установку с избытком, считая, что тем самым гарантируется нормальная ее работа, если вдруг в установке имеется негерметичность.

Избыток хладагента в системе повышает давление конденсации и кипения хладагента (рис. 3.3.4.1.1а-б), снижает перегрев паров и вынуждает компрессор работать частыми короткими циклами. Повышение давления конденсации паров объясняется уменьшением площади охлаждения конденсируемых паров. Количество же жидкого хладагента, поступающего в испаритель, регулируется пропускной способностью терморегулирующего вентиля и является постоянным. Из-за избыточного количества хладагента в системе половина труб конденсатора будет холоднее остальных. Повышенное переохлаждение указывает на избыток хладагента в конденсаторе. Уменьшение поверхности теплообмена повышает температуру конденсированных паров хладагента, нагнетаемых компрессором. Этот процесс повышает температуру и давление конденсации. Высокое давление конденсации уменьшает массовый расход хладагента через компрессор вследствие повышенного давления хладагента, находящегося в защищенном пространстве.

Снижение массового расхода хладагента повышает давление и температуру кипения. 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°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. Если факт наличия излишек хладагента в холодильном контуре установлен, то для обеспечения нормальной работы холодильной установки необходимо слить часть хладагента из контура.

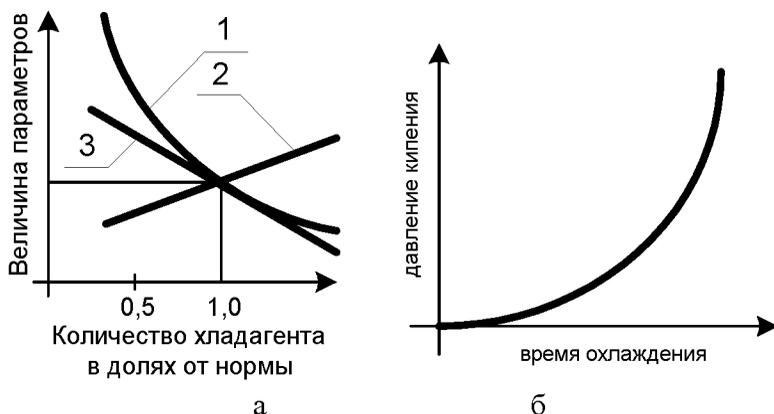


Рисунок 3.3.4.1.1 Признаки избытка хладагента в системе:
 а) общие (1 – продолжительность цикла работы компрессора; 2 – давление кипения или конденсации хладагента; 3 – перегрев паров хладагента); б) увеличение продолжительности охлаждения

Недостаток хладагента в системе, наоборот, снижает параметры конденсации и кипения, увеличивает перегрев и вынуждает компрессор непрерывно работать. Применяют несколько способов определения недостатка хладагента: 1) с помощью смотрового стекла или указателя уровня жидкости; 2) по переохлаждению жидкости; 3) по перегреву пара хладагента. При использовании способа со смотровым стеклом или указателем уровня следят за потоком хладагента. Устойчивый поток пузырьков 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.

При проверке недостатка хладагента по переохлаждению жидкости замеряют термометром температуру трубопровода на выходе

из конденсатора (рис. 3.3.4.1.2а). Манометровый коллектор соединяют с вентилями установки и закрывают вентили на манометровом коллекторе. Открывают вентили установки до появления давления в системе (определяют по манометрам). Ослабляют соединения шлангов на манометровом коллекторе и выпускают пар хладагента в течение нескольких секунд, а затем затягивают соединения. Сравнивают температуру жидкостного трубопровода с температурой конденсации, которую определяют по таблице параметров хладагента в состоянии насыщения.

Температура жидкостного трубопровода должна быть примерно на 2°C ниже температуры конденсации. Если температура трубопровода ниже температуры конденсации менее чем на 2°C , то в систему необходимо добавить хладагент. Чем меньше будет хладагента в установке, тем меньше будет его жидкой фазы на выходе из конденсатора (в пределе – парожидкостная смесь) и тем меньше будет степень переохлаждения (в пределе оно равно 0°C). Грамотный ремонтник добавляет хладагент в установку, убедившись в отсутствии утечек и удостоверившись в аномально малом переохлаждении.

При использовании способа перегрева пара хладагента закрепляют термометр на всасывающем трубопроводе на расстоянии 15 см от компрессора (рис. 3.3.4.1.2б). Если на агрегате имеется всасывающий штуцер, то к нему присоединяют манометр низкого давления с помощью шланга низкого давления манометрового коллектора.

Термометр (рис. 3.3.4.1.2в) 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°C – об его избытке.

Утечка пятой части запропанованного хладагента (до 20%) сохраняет нормативную работоспособность холодильного агрегата. Уменьшение количества хладагента на 20–30% понижает давление в испарителе, увеличивает перегрев пара и продолжительность охлаж-

дения. Потеря 60–70% хладагента препятствует достижению требуемой температуры охлаждения. В этом случае давление нагнетания низкое, а жидкий хладагент отсутствует в конденсаторе.

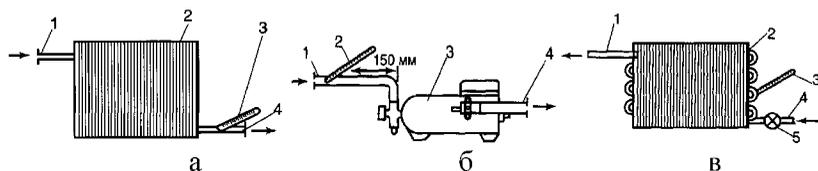


Рисунок 3.3.4.1.2 Диагностика зарядки холодильного контура:

а) по температуре переохлаждения хладагента (1 – нагнетательный трубопровод; 2 – конденсатор; 3 – термометр; 4 – жидкостный трубопровод); б) по перегреву пара на всасывающем трубопроводе (1 – всасывающий трубопровод; 2 – термометр; 3 – компрессор; 4 – нагнетательный трубопровод); в) по температуре перегрева на калаче (1 – всасывающий трубопровод; 2 – испаритель; 3 – термометр; 4 – жидкостный трубопровод; 5 – регулирующий вентиль)

Наличие утечек хладона из системы трудно заметить вследствие отсутствия его запаха и цвета. В загазованном хладонами помещении возможно удушье обслуживающего персонала, а при пользовании открытым пламенем (например, при сварке) – отравление. Запах хладона ощущается при его концентрации 20–25. Поэтому определение утечек хладона производят каждую смену, а для автоматизированных установок – при их освидетельствовании и обслуживании. Места утечки хладагента определяют обнаружением следов масла, добавлением в хладагент полимерных индикаторов, обмыливанием, галоидными лампами.

Появление масляных подтеков на изношенных сальниковых уплотнениях компрессоров свидетельствует о возможных утечках хладагента, поскольку вязкость масла значительно выше вязкости хладагента. Предполагаемые места утечки протирают ветошью, смоченной в растворителе (бензине или ацетоне), и оборачивают чистой бумагой.

Определение мест утечек хладагента галоидными лампами основано на изменении цвета пламени при сгорании топлива (спирта или пропана) в присутствии фтор- или хлорсодержащих газов (рис. 3.3.4.1.3а). Для обнаружения утечек спиртовую галоидную лампу за-

правляют спиртом-ректификатом, открывают клапан и регулируют высоту пламени в пределах 6–15 мм таким образом, чтобы пламя соприкасалось с медным колпачком или кольцом. Свободный конец резинового шланга подносят к местам вероятной утечки хладагона, перемещая на расстоянии 1–1,5 мм от поверхности. При отсутствии в воздухе, поступающем через шланг, пара хладагона пламя имеет голубой цвет. Если в воздухе имеется пар хладагона, то при температуре 600–700°C происходит разложение хладагона с образованием хлористого и фтористого водорода. Эти газы в присутствии раскаленной меди окрашивают пламя в цвет, зависящий от объемной концентрации хладагона, 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.

Флюоресцирующие добавки, вводимые в систему, проявляют малейшие течи, просвечиваемые ультрафиолетовой лампой. Полимерные индикаторы герметичности, добавляемые к хладагону, в местах неплотности образуют красные пятна, а мыльные растворы или жидкая пластмасса – пузырьки (рис. 3.3.4.1.3).

Чувствительность галогенных детекторов основана на эмиссии положительных ионов. В них используется платиновый анод, разогреваемый до высокой температуры (800–900°C). Раскаленная платиновая спираль вкладывается в цилиндрические катоды, ловящие положительно заряженные ионы. Когда ионовое течение усиливается, появляется умеренный звуковой сигнал в телефоне (рис. 3.3.4.1.3в). Ионный ток измеряется усилителем (3). Воздух вместе с галогенами, выходящими из камеры, засасывается в датчик вентилятором (4).

Переносные электронные течеискатели, определяющие утечки любых хладагентов типа *CFC*, *HFC*, *HCFC* и их смесей, имеет гибкий металлорукав и датчик с ионным насосом, системы звукового и светового сигналов, микропроцессорное регулирование. Низкой чувствительностью прибора пользуются при обнаружении утечек хладагентов типа *R12*, *R22*, а высокой – хладагентов *R134*, *R404a*, *R507*. Диагностирование проводят в местах наиболее вероятных утечек (на спаях, муфтах, фланцах). Поиск ведут, перемещая наконечник со скоростью до 25 мм/с. Проверяют наличие течи, перенося датчик в зону

чистого воздуха, а затем в зону предполагаемого места утечки. Наличие течи каждый раз во время проверки в одном и том же месте подтверждает звуковой сигнал. Оптимальная чувствительность обеспечивается звуковой сигнал переменной мощности без полного насыщения.

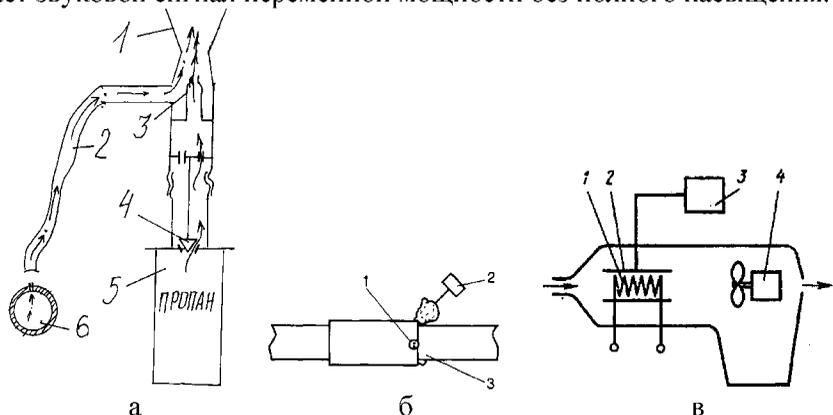


Рисунок 3.3.4.1.3 Методы обнаружения мест утечки хладагента: а) галогидной лампой (1 – диффузор; 2 – шланг; 3 – дроссель; 4 – клапан; 5 – емкость; 6 – исследуемый объект); б) жидкой пластмассой или мыльной пеной (1 – пузырек, указывающий на утечку; 2 – сосуд; 3 – место утечки); в) галогенным течейскателем (1 – платиновая спираль; 2 – электрод; 3 – усилитель; 4 – вентилятор)

Технически самыми точными (и самыми дорогими) в настоящее время являются приборы, обнаруживающие негерметичность с помощью метода матричного спектрометра. Спектрометры позволяют установить спектр веществ анализируемых смесей газов. Собственный воздушный компрессор прибора всасывает окружающую среду в сенсор, в котором образовывается поляризованная смесь газов. Возникающие при этом ионы собираются в поляризаторе, и далее путем спектрального анализа производится определение состава засасываемого газа.

Интерес для сервисной службы представляют разработанные в последние годы производителями вакуумной техники селективные детекторы хладагентов для холодильной техники. Системная индикация обнаруживает локальную негерметичность до 0,5 грамма в год менее чем за 1 сек. Эти приборы содержат в памяти запрограммиро-

ванные данные типичных хладагентов, которые распознают холодильные агенты с точностью до 0,1 грамма в год. Заполнению холодильного контура хладагентом предшествует операция проверки ее герметичности. Основной метод – создание в системе избыточного давления газов, не содержащих в себе влаги (углекислота или осушенный азот). Использование для этой цели воздуха, даже осушенного, нежелательно.

Это обусловлено ухудшением свойства ряда масел при контакте с воздухом. Проверка герметичности давлением предусматривает ряд последовательных действий. Прорезиненный рукав баллона с углекислотой или осушенным азотом (рис. 3.3.4.1.4а), пригодный для давлений свыше 1,5 МПа, соединяют со штуцером всасывающего вентиля (шпindelь вентиля открыт). Отворачиванием вентиля баллона поднимают давление в холодильном контуре сначала до 400–450 кПа, а затем до 1000 кПа и, закрывая вентиль баллона на каждой из стадий, обмывают соединения, находящиеся под давлением (рис. 3.3.4.1.4б). Затем шпindelь всасывающего вентиля последовательно переводят в открытое положение (для отсоединения прорезиненного шланга от тройника вентиля) и рабочее положение. После этого холодильный контур агрегата выдерживается под давлением в течение 10–12 часов.

Если диагностика герметичности холодильного контура давлением производится с помощью манометрического коллектора (рис. 3.3.4.1.4б), то заправочный штуцер вентиля жидкостного ресивера соединяют с входным штуцером манометрического коллектора от манометра высокого давления.

К сервисному штуцеру фильтра на всасывающей магистрали подключают входной штуцер манометрического коллектора от манометра низкого давления. Входной штуцер коллектора соединяют с баллоном, наполненным хладагентом и через тройник соединяют с редуктором давления на баллоне, наполненном сухим азотом. Вентиль на жидкостном ресивере и вентили на коллекторе открывают на 2–3 оборота. Приоткрыв вентиль баллона с хладагентом, контур заполняют парами хладагента до давления 30–40 кПа. Закрывают вентиль баллона с хладагентом. Через редуктор давления надувают контур сухим азотом до давления 0,9–1,0 МПа. Присутствие паров хладагента в контуре ускоряет проверку герметичности соединений, которые осуществляют с помощью электронного течеискателя.

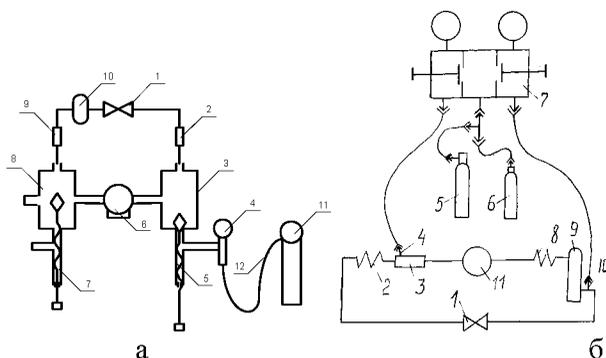


Рисунок 3.3.4.1.4 Этапы проверки герметичности системы давлением:
а) подключение баллона (1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – вентиль всасывающий; 4 – манометр; 5 – шпindelь; 6 – компрессор; 7 – шпindelь; 8 – вентиль нагнетательный; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 11 – баллон; 12 – рукав); б) с помощью манометрического коллектора ((1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр; 4, 10 – штуцера; 5 – баллон с азотом; 6 – баллон с хладагентом; 7 – манометрический коллектор; 8 – конденсатор; 9 – ресивер; 11 – компрессор)

Осушка системы вакуумированием направлена на удаление влаги из холодильного контура. Возможность этой операции обусловлена зависимостью между давлением и температурой кипения воды. Снижая давление, понижают температуру кипения воды. Для работ по вакуумированию, удалению неконденсирующихся примесей и осушке холодильного контура используют заправочную станцию или двухступенчатый вакуумный насос с манометрическим коллектором и вакуумметром.

Вакуумирование и осушку холодильного контура проводят в следующей последовательности. Подсоединяют манометрический коллектор и вакуумный насос к штуцерам фильтра-очистителя на входе в компрессор и запорного вентиля ресивера. Открывают вентили манометрического коллектора и вентиль перед вакуумным насосом и вакууммируют контур до остаточного давления ниже 30 кПа. После работы вакуумного насоса при этом остаточном давлении в течение 1 часа закрывают вентиль перед вакуумным насосом и выдерживают систему под вакуумом в течение 3 часов. Давление при

этом не должно превысить 130 Па. Если после остановки вакуумного насоса давление в контуре монотонно возрастает со скоростью более 30 Па/час, значит либо в контуре слишком много влаги, либо его герметичность нарушена. В этом случае рекомендуется выдержать установку под вакуумом еще в течение 3 часов и окончательный вывод о причине роста давления сделать на основании характера дальнейшего повышения давления в контуре (рис. 3.3.4.1.5). В случае (рис. 3.3.4.1.5а) можно продолжать работу по вакуумированию и осушке контура. В случаях (рис. 3.3.4.1.5б–в) необходимо повторить работу по проверке герметичности системы.

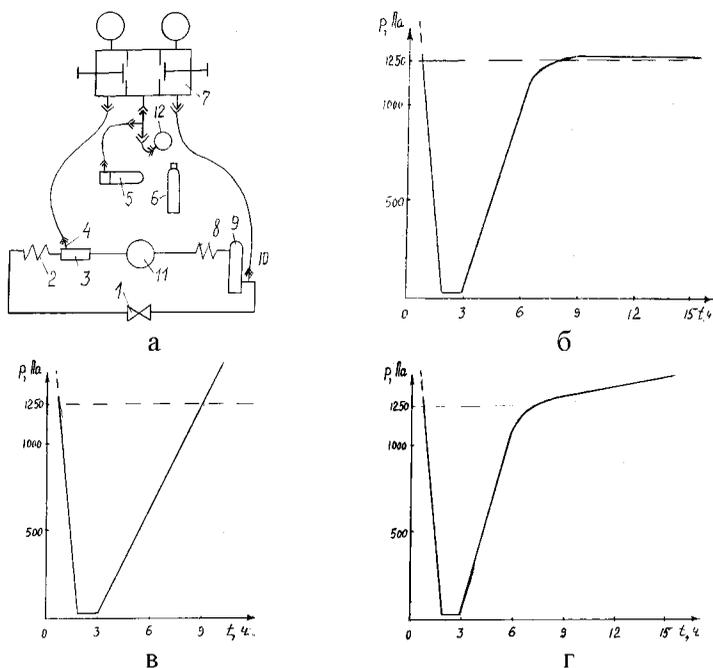


Рисунок 3.3.4.1.5 Диагностики герметичности контура:

а) схема (1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр; 4, 10 – штуцера; 5 – баллон с азотом; 6 – баллон с хладагентом; 7 – манометрический коллектор; 8 – конденсатор; 9 – ресивер; 11 – компрессор); б) вакуумированием (5 – насос вакуумный; 12 – вакуумметр); герметичный без влаги; в) герметичный с влагой; г) негерметичный без влаги

После первого вакууммирования и выдержки под вакуумом (рис. 3.3.4.1.6). Открывают всасывающий и нагнетательный запорные вентили. Подключают вместо вакуумного насоса баллон с хладагентом и, открыв вентиль, наполняют контур парами осушенного хладагента до абсолютного давления 30–50 кПа. Закрыв вентиль на баллоне с хладагентом, производят второе вакууммирование контура до уровня ниже 30 Па. После вторичного вакууммирования вновь заполняют контур сухим хладагентом до абсолютного давления 30–50 кПа и вновь вакууммируют. После трехкратного вакууммирования и выдержки установки под вакуумом не менее 24 часов при условии поведения установки под вакуумом при остановленном вакуумном насосе в соответствии с кривой 1 на рисунке 3.3.4.1.6 (прирост давления за 24 часа не выше 50 Па), можно приступить к заправке установки хладагентом.

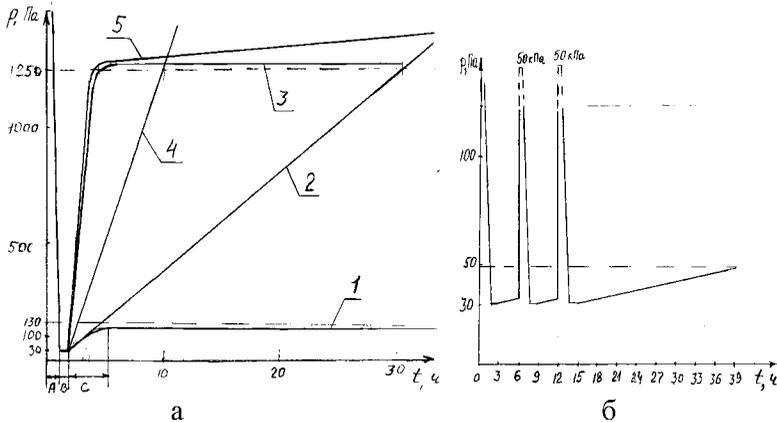


Рисунок 3.3.4.1.6 Признаки герметичности контура:

а) сравнительные характеристики (1, 2 – герметичность контура вполне удовлетворительная, влага практически отсутствует; 3 – герметичность контура вполне удовлетворительная, однако влага удалена не полностью; 4 – влага из контура практически удалена, однако его герметичность недостаточна; 5 – герметичность контура недостаточна, влага удалена не полностью; А – продолжительность откачки контура вакуумным насосом (1,5–2 часа); В – продолжительность вакуумирования при остаточном давлении 30 Па (1 час); С – минимальное контрольное время оценки герметичности контура (3 часа)); б) герметичный контур без наличия влаги

Тестирование холодильного контура вакуумом с контролем прироста давления без испытаний на плотность следует избегать. Это объясняется тем, что арматура и уплотнения, а также сварные и паяные соединения, работающие под давлением, могут под вакуумом работать по-другому. На рисунке 3.3.4.1.7 изображено подключение развальцованной медной трубки к ниппельному наконечнику с плохо закрученной гайкой, которая должна, следовательно, 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. Время корректного испытания установки под вакуумом составляет более 144 часов. Кроме этого, в вакуумированную установку сквозь течи и неплотности попадает влага из воздуха. Вакуумирование контура должно использоваться для удаления из него влаги, а не для испытания на герметичность. Если сразу по окончании вакуумирования и осушки заправка установки не планируется, необходимо надуть холодильный контур парами сухого и чистого хладагента до давления, незначительно превышающего атмосферное давление.

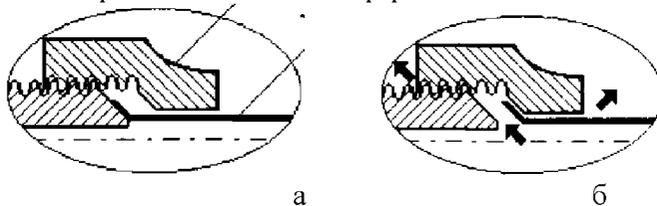


Рисунок 3.3.4.1.7 Схемы положения элементов трубопровода:
а) под вакуумом (1 – гайка; 2 – трубка); б) под повышенным давлением

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 через всасывающий вентиль компрессора.

Для вакуумирования системы с помощью зарядной станции проверяют закрытое положение всех клапанов. Шланги подсоединяют, согласно рисунку 3.3.4.1.8а, и открывают соответствующие краны. Включают насос, открывают кран вакуумного насоса, начинают вакуумирование. Как только манометр низкого давления покажет “0”, заканчивают вакуумирование. Краны закрывают и останавливают насос. Для проверки плотности системы, находящейся под вакуумом насос должен быть отключен. Проверяют закрытое положение всех клапанов. Величину вакуума контролируют по вакуумметру. Если стрелка остается неподвижной в течение некоторого времени (5 минут) – значит, система герметична. Вакуумирование зарядного цилиндра осуществляют по схеме, представленной на рисунке 3.3.4.1.8б. Зарядку цилиндра хладагентом из баллона производят соединением шлангов (рис. 3.3.4.1.8в). Шланг соединяют, но не обжимают со стороны цилиндра для осуществления предварительной продувки. Затем открывают кран и регулируют расход. Заканчивают зарядку. Кран закрывают. Для заправки системы хладагентом соединяют заправочную станцию (заправочный цилиндр, баллон с хладагентом) через технологический фильтр-осушитель с помощью гибких шлангов к заправочному (сервисному) штуцеру вентиля на жидкостном ресивере (рис. 3.3.4.1.8г). Для этого следует полностью (до упора) открыть вентиль на жидкостном ресивере, перекрыв канал сообщения заправочного (сервисного) штуцера вентиля с полостью контура. После этого снять заглушку с заправочного штуцера и закрепить накидную гайку соединительного шланга от заправочной станции (цилиндра, баллона с хладагентом), завернув ее на 2—3 оборота.

Прежде чем закрывать вентиль на жидкостном ресивере, необходимо продуть соединительный шланг. Для этого нужно, не затягивая накидную гайку на заправочном штуцере, на мгновение открыть вентиль заправочного цилиндра (баллона с хладагентом) и, убедившись в истечении газообразного хладагента через резьбовое соединение гайки и штуцера, тотчас же закрыть этот вентиль. Затем необходимо полностью (до упора) затянуть накидную гайку гибкого шланга на сервисном (заправочном) штуцере вентиля жидкостного ресивера.

Далее следует начать заправку контура хладагентом обязательно в жидкой фазе. С этой целью необходимо закрыть вентиль на жидкостном ресивере и открыть расходный вентиль заправочной станции (цилиндра, баллона с хладагентом). Контроль количества залитого в жидкостной ресивер хладагента производится либо с помощью мерного цилиндра заправочной станции, либо с помощью весов, на которые в процессе заправки должен быть установлен баллон с хладагентом. На баллоне стрелкой должно быть указано положение, в котором из него течет жидкий хладагент. Если это не указано, то баллон необходимо перевернуть горловиной вниз.

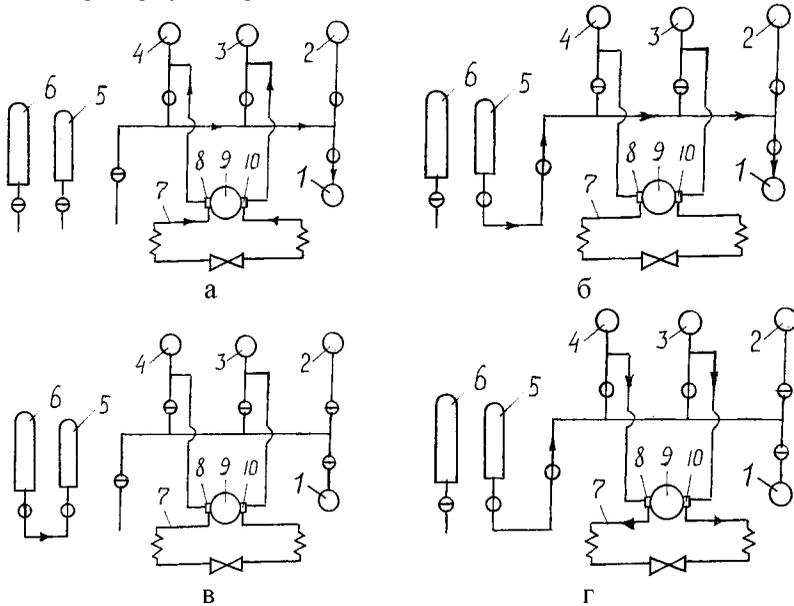


Рисунок 3.3.4.1.8 Вакуумирование и заправка контура:

- а) вакуумирование холодильного контура (1 – насос вакуумный; 2 – вакуумметр; 3–4 – мановакуумметры; 5 – цилиндр зарядный; 6 – баллон с хладагентом); б) вакуумирование зарядного цилиндра; в) заправка зарядного цилиндра; г) заправка холодильного контура

Заполнение хладагентом системы холодильного агрегата из баллона включает несколько этапов. Баллон с холодильным агентом укладывают на весы с подставкой (рис. 3.3.4.1.9а). Затем медный отожженный трубопровод диаметром 6 мм соединяют одним концом

со штуцером на баллоне, а другим – с тройником всасывающего вентиля компрессора. Закрывают жидкостный вентиль на ресивере и, открыв вентиль на баллоне, продувают трубку в течение 1–2 секунд для удаления воздуха. Взвешивают баллон вместе с подставкой на весах и записывают показания. Устанавливают в рабочее положение шпindel всасывающего вентиля компрессора и открывают жидкостный вентиль на ресивере. Переводят нагнетательный вентиль в рабочее положение (рис. 3.3.4.1.9б). Затем открывают вентиль на баллоне и, следя за показаниями мановакуумметров, заправляют хладагент.

Периодически открывают на баллоне вентиль и взвешивают баллон с хладагентом и подставкой. После того как в систему будет заправлено нужное количество холодильного агента, закрывают вентиль на баллоне. Открывают всасывающий вентиль компрессора и отсоединяют заправочный трубопровод от штуцера тройника всасывающего вентиля компрессора.

После этого отсоединяют баллон, ставят вентили в рабочее положение, проверяют с помощью течеискателя или галоидной лампы все места соединений, сальники вентиля и компрессора. Включают установку и проверяют ее работу. 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.

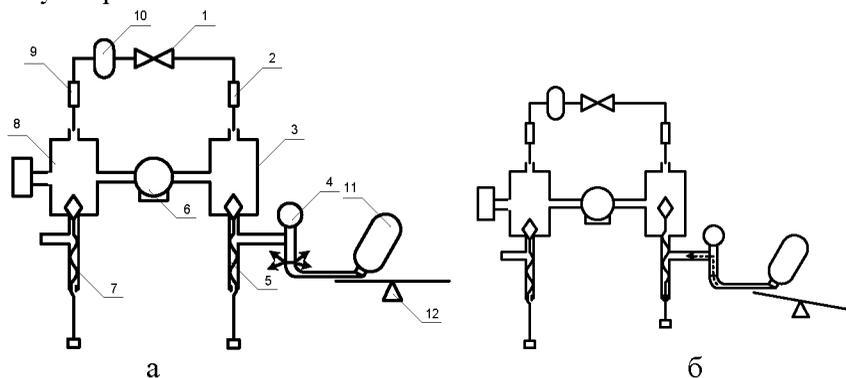


Рисунок 3.3.4.1.9 Этапы заполнения контура хладагентом:

1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3, 8 – вентили; 4 – манометр; 5 – шпindel; 6 – компрессор; 7 – шпindel; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 11 – баллон; 12 – весы

При эксплуатации холодильного оборудования возникает потребность в откачке хладагента из системы в баллон (частичная его утечка при разгерметизации, ремонт ресивера и его вентилей). Технология выполнения этих работ предусматривает установку баллона в водосборнике с весами. Технологическую трубку, соединенную со штуцером открытого нагнетательного вентиля (рис. 3.3.4.1.10а), продувают частичным его закрытием и закрепляют гайкой на вентиле баллона. Шпindel нагнетательного вентиля переводят в рабочее положение. Посредством прорезиненных рукавов производится подача воды и регулировка постоянства уровня воды в водосборнике. Взвешивают баллон (записав показания), открывают вентиль баллона (рис. 3.3.4.1.10б) и, включив компрессор, закрывают шпindel нагнетательного вентиля. Откачивают до избыточного давления 0,02 МПа, следя, чтобы откачивался 1 кг хладагента на 1 литр емкости баллона. После достижения избыточного давления в системе 0,02 МПа компрессор отключают и ждут повышения давления в системе. Затем производят очередное включение компрессора и откачку хладагента до давления в системе до 0,02 МПа. После этого закрывают вентиль баллона и, взвесив водосборник с водой и баллоном и сравнив показания с первоначальным значением, записывают массу хладагента, откаченного в баллон, в его технический паспорт. Затем отсоединяют баллон и переводят нагнетательный вентиль в открытое положение.

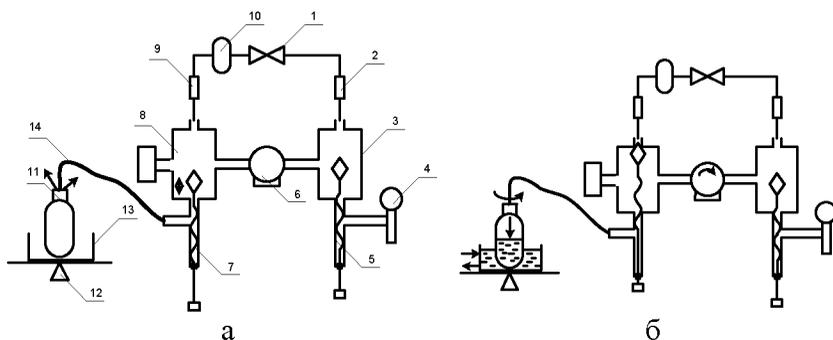


Рисунок 3.3.4.1.10 Этапы откачки хладагента в баллон:

а) соединение (1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – вентиль всасывающий; 4 – манометр; 5, 7 – шпиндели; 6 – компрессор; 8 – вентиль нагнетательный; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 11 – баллон; 12 – весы; 13 – емкость для воды); б) откачка

Слив хладагента в жидкой фазе производят тремя способами – под действием силы тяжести, насосом или с помощью компрессора в баллоны для слива хладагентов. Эти баллоны, окрашенные в стандартный зеленый цвет (под хлор) поступают в распоряжение потребителей от поставщиков хладагентов отвакуумированными. Большинство баллонов снабжены двумя вентилями (рис. 3.3.4.1.11а–б). Заполнять баллон более 80% объема запрещается (рис. 3.3.4.1.11в).

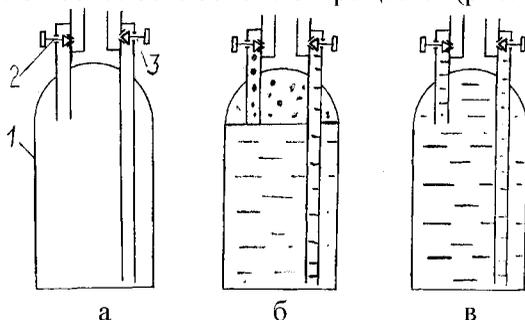


Рисунок 3.3.4.1.11 Баллоны для слива хладагентов:

а) устройство баллона (1 – баллон; 2 – вентиль газовой; 3 – вентиль жидкостной); б) допустимое заполнение; в) недопустимое заполнение

При переливе в жидкой фазе под действием силы тяжести (рис 3.3.4.1.12а) вентиль жидкой фазы сливного баллона соединяют с жидкостным ресивером в его нижней точке, чтобы баллон находился ниже уровня ресивера. Вентиль паровой фазы сливного баллона подключается к газовой полости ресивера в верхней точке. В результате жидкость из ресивера будет стекать в баллон под действием силы тяжести, а пар из баллона будет поступать в ресивер. Слив под действием силы тяжести обеспечивает удаление свыше 94,6% полной заправки хладагента. Перекачку жидкой фазы хладагента насосом осуществляют, если сливной баллон не может быть размещен ниже уровня ресивера. Насос (рис 3.3.4.1.14б) устанавливают на магистрали, соединяющей нижнюю часть ресивера с жидкостным вентилем баллона. Насос всегда должен быть залит хладагентом, и во избежание его повреждения нужно следить за тем, чтобы перед запуском в работу в нем находился хладагент. При перекачке жидкости вентиль паровой фазы сливного баллона открыт. Вентиль на входе в ресивер и вентиль

выхода жидкости из ресивера закрыты. Перекачивают жидкий хладагент компрессором установки по схеме, представленной на рисунке 3.3.4.1.14в. Компрессор откачивает паровую фазу из сливного баллона (2), создавая в нем разрежение, в результате чего жидкий хладагент перекачивается фаза из жидкостного ресивера (5) в сливной баллон (2). При выполнении этой операции жидкой фазы вентиль (3) на входе в ресивер закрыт, трехходовой вентиль (4) открыт на сливной баллон (2). Баллоны нельзя заполнять больше, чем на 80% их объема, а также хладагентами, марка которых не указана на их наружной поверхности. 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).

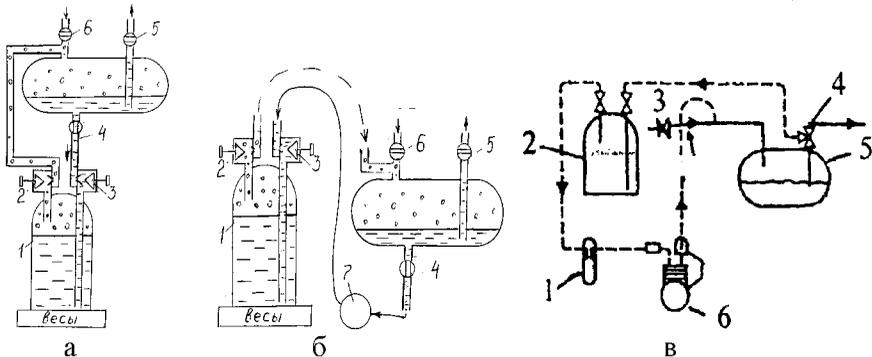


Рисунок 3.3.4.1.12 Перелив хладагента в жидкой фазе:

- а) действием силы тяжести (1 – баллон сливной; 2 – кран паровой; 3 – кран жидкостной; 4-5 – вентили); б) жидкостным насосом; в) компрессором (1 – указатель; 2 – баллон сливной; 3, 4 – вентили; 5 – жидкостной ресивер; 6 – компрессор)*

3.3.4.1.2 Диагностирование наличия и удаление влаги из контура

Вода в системе хладагента холодильной установки находится в малом количестве. Она попадает в нее из воздуха, оставшегося в системе после монтажа или проникающего в нее через неплотности, при сварке и пайке, с хладагентом и маслом. В герметичных агрегатах влага выделяется из обмоток электродвигателя. Избыточная вода находится в хладоне в виде мелких капель. Однако ее наличие и нерас-

творимость затрудняют эксплуатацию холодильной установки. Наиболее существенное последствие наличия влаги – замерзание ее в проходном сечении терморегулирующего вентиля. Подача хладагента в испаритель прекращается. Терморегулирующий вентиль обмерзает (рис. 3.3.4.1.13а), а 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. 3.3.4.1.13б) и обесцвечивание масла. Для устранения этой неисправности заменяют осушители хладагента и проверяют цвет масла через каждые 24 часа в течение нескольких дней. Осушители заменяют до тех пор, пока цвет масла не будет изменяться.

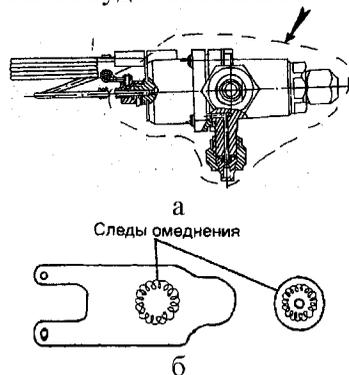


Рисунок 3.3.4.1.13 Признаки наличия влаги в холодильном контуре:
а) обмерзание термовентилей; б) омеднение стальных пластин

Следует отметить схожесть влияния наличия влаги и загрязнений в холодильном контуре на работу терморегулирующего вентиля. Попавшие в систему холодильного оборудования механические частицы попадают в фильтр-осушитель, фильтр терморегулирующего вентиля и фильтр, устанавливаемый на линии всасывания перед компрессором. Накапливаясь в значительных количествах, они уменьшают сечение для прохода хладагента и увеличивают энергетические затраты на его перемещение. При этом масса хладагента, проходящего через испаритель, снижается. Внешними признаками неисправности являются повышенное давление нагнетания и пониженное давление всасывания. Причем разность температур на входе в фильтры и выходе из них превышает 4°C.

Содержание влаги в хладоне можно контролировать индикатором влажности. Его принцип работы основан на изменении окраски чувствительного элемента в зависимости от концентрации влаги (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 опасности 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; пузырьки – падение давления: засорен осушитель или потеря хладагента.

Контроль содержания влаги производится также с помощью кулонометрического влагомера. Принцип его действия основан на поглощении влаги пленкой сорбирующего вещества (фосфорного ангидрида P_2O_5) из потока хладагента, подаваемого на чувствительный элемент влагомера (рис. 3.3.4.1.14).

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.

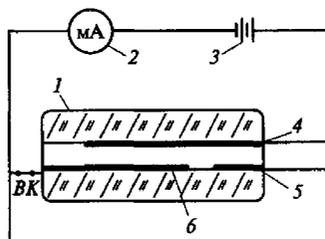


Рисунок 3.3.4.1.14 Кулонометрический индикаторы влажности: 1 – корпус; 2 – измерительный прибор; 3 – источник постоянного тока; 4–6 – электроды; ВК – сорбирующая поверхность

Длительная эксплуатация холодильных установок обеспечивается своевременным удалением влаги из контура. Заводы-изготовители малых агрегатов производят их осушку в течение 8–10 часов при температуре 60–80°С и абсолютном давлении 6–25 Па. Для удаления влаги, оставшейся ранее или попавшей в систему в ходе эксплуатации, применяют твердые вещества, поглощающие влагу, – адсорбенты (силикагели и цеолиты). В хладоновой установке на жидкостном трубопроводе после линейного ресивера устанавливается специальная емкость, в которую засыпают адсорбент. В малых установках хладагент циркулирует через осушитель непрерывно. В средних и крупных установках осушитель включается в работу периодически. Недостатком силикагеля является загрязнение его пор маслом и другими смолистыми примесями. Поры цеолита малого размера и лишены этого недостатка. 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. Обычно применяют комбинированное воздействие – нагревание и продувание сухим воздухом или азотом.

Технология работы по демонтажу фильтра (рис. 3.3.4.1.15) предусматривает закрытие запорного вентиля и открытие всасывающего вентиля для установки вакуумметра. Затем, переведя всасывающий вентиль (рис. 3.3.4.1.15а) в рабочее положение, перекачивают хладагент в линию высокого давления (до создания вакуума 80–90%). Закрывают всасывающий и нагнетательный вентили (рис. 3.3.4.1.15б) и демонтируют фильтр. Метод и режим регенерации выбирают с уче-

том свойств адсорбента. Например, работоспособность силикагеля восстанавливают, нагревая его в потоке воздуха или азота с температурой 190–200°C в течение 2–3 часов либо в сушильном шкафу при температуре 140–150°C в течение 4 часов. Регенерация синтетических цеолитов требует более высоких температур. Так, работоспособность цеолита NaA-2КТ восстанавливают, продувая воздухом (азотом) с температурой 280–315°C в течение 2–3 часов или прокаливая в сушильном шкафу при температуре 500°C в течение 4 часов. 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. После монтажа фильтра открывают всасывающий вентиль и снимают вакуумметр. Открывают запорный вентиль и переводят вентили в рабочее положение.

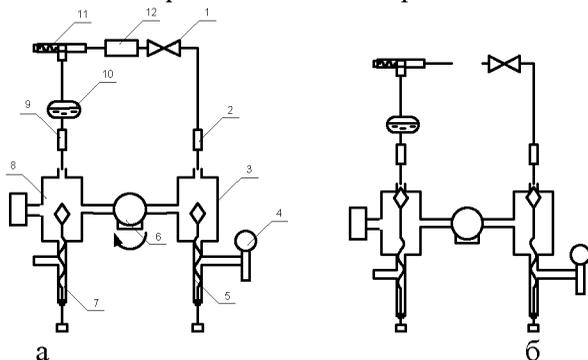


Рисунок 3.3.4.1.15 Основные этапы очистки фильтра:

а) перекачка хладагента (1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3, 8 – вентили; 4 – манометр; 5, 7, 11 – шпиндели; 6 – компрессор; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 12 – фильтр б) демонтаж фильтра

Жидкие осушители представляют собой смесь моноэтилового эфира этилен-гликоля с глицидом. Они ядовиты и огнеопасны. Их применяют в малых холодильных установках для предотвращения замерзания влаги в системе, вводя в количестве 4 г на 1 кг хладагента. При поступлении в систему холодильной установки большого количества воды, которое не может быть удалено в приемлемый срок сорбентом, хладагент удаляют, а систему осушают, продувая горячим газом с температурой 120–140°C в течение нескольких суток.

Чтобы повысить качество обезвоживания, используют такой прием как заполнение холодильного контура после вакуумирования азотом марки «R» (холодильного качества, то есть совершенно обезвоженный). Установку надувают азотом до давления, слегка превышающего атмосферное давление (например, до 150 кПа). Большое количество азота, поданное в контур, без проблем поглощает небольшой объем влаги, оставшийся в контуре после вакуумирования. Следовательно, сухой азот становится влажным азотом. После этого давление в контуре стравливают в атмосферу до величины, например 110 кПа. При этом из контура часть влажного азота выходит. Следовательно, сбрасываемый азот уносит с собой из контура часть влаги и внутри контура влаги остается меньше, чем ранее. Если теперь вновь отвакуумировать установку, влажный азот будет из нее удален, в вместе с ним и та часть влаги, которая оставалась в контуре после первого вакуумирования (рис. 3.3.4.1.16). Когда повторное вакуумирование будет закончено, при той же глубине вакуума в контуре обязательно будет гораздо меньше влаги, чем ранее. Такой прием привлекателен тем, что он позволяет удалить из контура гораздо больше влаги, чем простое вакуумирование. Часто рекомендуемый способ обезвоживания контура заключается в трехкратном осуществлении такого приема (способ тройного вакуумирования).

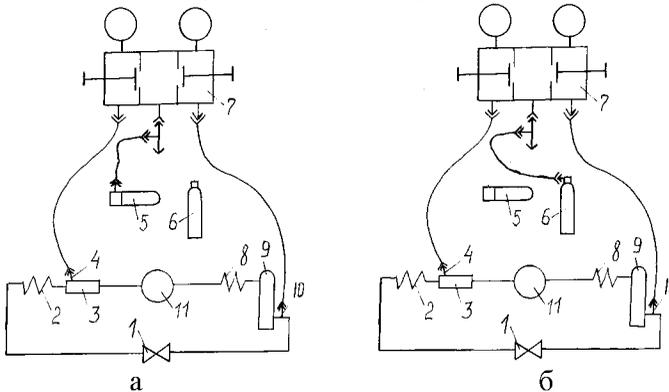


Рисунок 3.3.4.1.16 Обезвоживание холодильного контура азотом:
а) вакуумирование (1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр-очиститель; 4, 10 – штуцера; 5 – насос вакуумный; 6 – баллон с осушенным азотом; 7 – манометрический коллектор; 8 – конденсатор; 9 – ресивер; 11 – компрессор); б) подача азота

3.3.4.1.3 Диагностирование наличия и удаление воздуха

Присутствие неконденсирующихся газов в хладагенте значительно ухудшает теплообмен при конденсации. Наличие 2,5% воздуха в аппарате снижает коэффициент теплоотдачи примерно в четыре раза. Особенно сильно это влияние сказывается при малых плотностях теплового потока. В конденсаторе вблизи охлаждающей поверхности накапливаются неконденсирующиеся газы. Пары хладагента вынуждены диффундировать сквозь слой газа к поверхности конденсации. Условия теплообмена ухудшаются. Давление и температура конденсации возрастают, и это приводит к дополнительному расходу электроэнергии и уменьшению холодопроизводительности 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 (рис. 3.3.4.1.17а). Наличие воздуха подтверждает дрожание стрелки мановакуумметра 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 хладона. Если внутри холодильного контура находятся неконденсирующиеся газы (воздух, азот), парциальное давление этих газов добавляется к нормальному давлению хладагента, давая аномальное повышение полного давления. Ведь согласно закону Дальтона (рис. 3.3.4.1.17б) полное давление смеси газов в замкнутом объеме равно сумме парциальных давлений каждого из газов. 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 заземленном пространстве цилиндра

при нахождении поршня в верхней точке, также будет иметь повышенное давление, что приведет к снижению массового расхода газа, всасываемого компрессором, и, как следствие, снизит холодопроизводительность. Снижение холодопроизводительности обуславливает повышение температуры охлаждаемой среды и давления кипения.

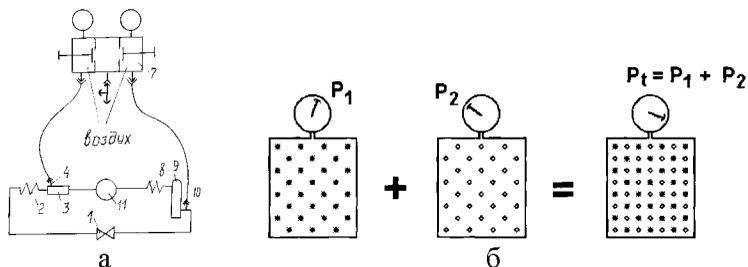


Рисунок 3.3.4.1.17 Влияние неконденсирующихся примесей:

а) воздуха в шлангах коллектора (1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр; 4, 10 – штуцера; 8 – конденсатор; 9 – ресивер;); б) увеличение давления смеси

Технология обнаружения воздуха в системе холодильной установки требует закрытия жидкостного вентиля ресивера и перекачки хладагента из испарителя (избыточное давление 0,01–0,02 МПа) в конденсатор и ресивер. Выключают компрессор, закрывают его всасывающий вентиль и дают установке остыть до температуры окружающего воздуха. Если на агрегате имеется сальниковый компрессор, то с целью ускорения охлаждения узлов (конденсатора и ресивера) снимают ремни привода и включают вентилятор для продува воздуха через конденсатор в течение 15–20 минут. Затем шпindel нагнетательного вентиля компрессора (рис. 3.3.4.1.18а) ставят в рабочее положение. По манометру определяют давление в нагнетательной линии. По рисунку 3.3.4.1.18б или по таблицам устанавливают, какая температура соответствует этому давлению. Температура насыщения хладагента в конденсаторе и ресивере должна быть равна температуре окружающей среды (если в системе воздух отсутствует) или превышать ее не более чем на 2–2,5°С для хладона-12 или более 1–1,5°С для хладона-22 (когда в системе содержится незначительное количество воздуха, практически мало влияющее на нормальный режим работы холодильной машины). Определяют температуру воздуха в по-

мещении по термометру. Если разность между температурой хладагента в конденсаторе и ресивере, с одной стороны, и температурой внешней среды больше допустимого значения, то из системы следует выпустить воздух. Если эти температуры одинаковы, воздуха в системе нет. Если показания температурной шкалы мановакуумметра выше, чем температура окружающего воздуха, значит, система холодильной машины завоздушена. Например, по показанию нагнетательного манометра избыточное давление составляет $4,66 \times 10^5$ Па, что соответствует температуре кипения чистого хладона-12, равной 20°C . Действительная температура окружающего воздуха и холодильной установки, замеренная по термометру, равна $+15^\circ\text{C}$. Значит, в системе холодильной установки имеется воздух. Его следует выпустить из самой верхней точки системы. Если температура (рис. 3.3.4.1.18в), соответствующая показаниям манометра высокого давления больше чем на 2°C превышает температуру, измеренную термометром, то в контуре имеются следы неконденсирующихся примесей (чем больше это расхождение, тем большее количество примесей находится в контуре). Если температура, соответствующая показаниям манометра высокого давления (нагнетания) ниже температуры, измеренной термометром, больше 2°C , тогда в контуре нет ни одной молекулы хладагента в жидкой фазе (контур совершенно пустой).

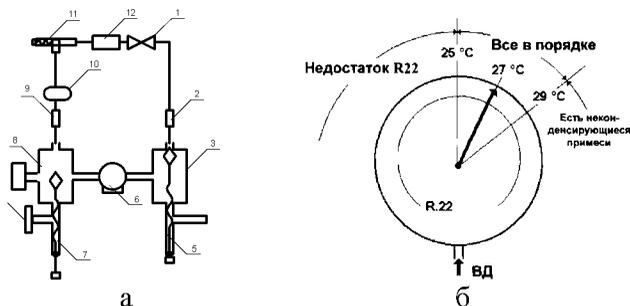


Рисунок 3.3.4.1.18 Оценка давления и температуры:

- а) определение давления в системе (1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3 – всасывающий вентиль; 4 – манометр; 5 – шпindel вентиль всасывающего; 6 – компрессор; 7 – шпindel нагнетательного вентиль; 8 – нагнетательный вентиль; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 11 – шпindel запорного вентиль; 12 – фильтр-осушитель); б) оценка наличия неконденсирующихся примесей*

Неконденсирующиеся примеси легче паров хладагента и скапливаются в верхней части ресивера. Но жидкий хладагент выходит из ресивера через сифонную трубку, погруженную в него и доходящую 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 или заглушка (рис. 3.3.4.1.19а). В малых и средних хладонных установках, как правило, воздух выпускается без воздухоотделителя, через штуцер выпуска воздуха в канал вытяжной вентиляции с помощью резинового шланга. Если в системе имеется линейный ресивер, то, закрыв жидкостной вентиль, предварительно увеличивают в нем уровень хладона до максимально допустимого уровня (80% вместимости) для увеличения содержания воздуха в конденсаторе. Останавливают компрессор или прекращают подачу хладона в конденсатор. Продолжают циркуляцию воды по водопроводу через конденсатор в течение 2–3 часов. Отключают конденсатор от линейного ресивера, перекрытием жидкостного вентиля ресивера, выпускают из конденсатора воздух вместе с хладагентом. При отсутствии линейного ресивера уровень хладона в конденсаторе понижают до минимума. Закрывают запорные вентили входа и выхода хладона из конденсатора. Пропускают воду через конденсатор в течение 3–4 часов.

Выпуск воздуха осуществляется через штуцер или вентиль в верхней части конденсатора при небольшом его открытии до тех пор, пока температура конденсации, отмечаемая по температурной шкале манометра конденсатора, не станет равной температуре воды, циркулирующей через аппарат. Затем закрывают жидкостной вентиль. После этого открывают всасывающий вентиль и измеряют показания манометра на всасывании. Затем ставят всасывающий вентиль в рабочее положение и производят откачку. Затем закрывают жидкостной вентиль и охлаждают конденсатор. После этого стравливают воздух (рис. 3.3.4.1.19б). Для удаления воздуха из системы ослабляют затяжку накидной гайки на штуцере нагнетательного вентиля (или воздухопускной винт конденсатора) и в течение примерно 30 секунд стравливают воздух. Гайку затягивают и проверяют давление в конденсаторе. Операции выпуска воздуха и диагностики давления повторяют до тех пор, пока давление в конденсаторе не станет меньше на 0,04–0,05 МПа давления хладагента в состоянии насыщения, соответствующее температуре окружающей среды. Например, при темпера-

туре окружающей среды 20°C и соответствующем ей избыточном давлении хладагента в состоянии насыщения $0,48\text{ МПа}$ воздух выпускают до тех пор, пока давление в конденсаторе понизится до $0,52\text{--}0,53\text{ МПа}$. Причем при наличии в конденсаторе и ресивере даже небольшого количества жидкого хладагента, его давление (в нашем примере) будет поддерживаться равным $0,48\text{ МПа}$. Поэтому попытка стравить воздух из конденсатора с пониженным давлением в нем до этой величины приводит к выпуску из системы почти всего хладагента.

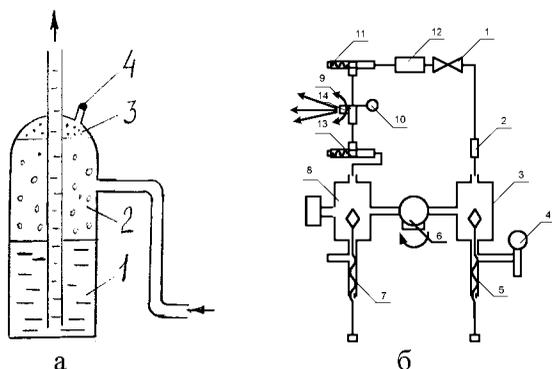


Рисунок 3.3.4.1.19 Удаление неконденсирующихся примесей:
а) места скапливания в ресивере; б) выпуск из контура (1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3 – всасывающий вентиль; 4 – манометр; 5, 7, 11, 13 – шпиндели; 6 – компрессор; 8 – нагнетательный вентиль; 9 – конденсатор; 10 – манометр; 12 – фильтр-осушитель; 14 – кран конденсатора)

3.3.4.1.4 Диагностирование системы смазки

Трущиеся элементы (поршневые кольца, цилиндры) компрессора – составной части холодильного агрегата – требуют смазки. Поэтому внутри цилиндра компрессора должно находиться масло. Смазка в компрессорах обеспечивается одним из трех способов: разбрызгиванием, под давлением или их комбинацией. Смазку разбрызгиванием применяют в компрессорах холодопроизводительностью до 2 кВт . В более крупных компрессорах смазку осуществляют под давлением, то есть принудительным способом. 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 (рис. 3.3.4.1.20).

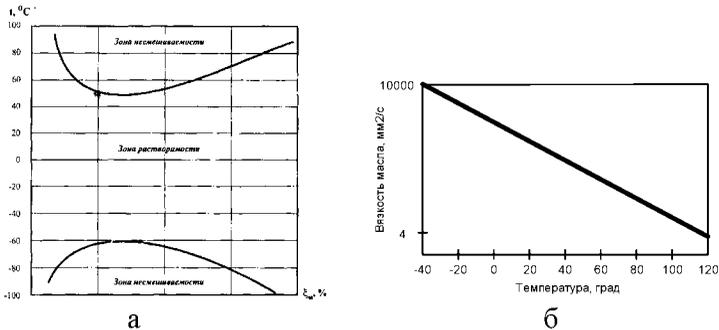


Рисунок 3.3.4.1.20 Характеристики масла:

а) области растворимости хладагента в полиэфирном масле; б) зависимость кинематической вязкости масел от температуры

Растворенное в жидком холодильном агенте масло снижает холодопроизводительность холодильной установки. Поскольку давление раствора холодильного агента с маслом в испарителе обычно ниже давления чистого холодильного агента, то при заданной температуре кипения давление и холодопроизводительность компрессора ниже, чем при работе на чистом холодильном агенте. Величина работы и теплоты трения, износы, качество уплотнения зазоров зависят от вязкости применяемого масла и растворимости. Для нормальной смазки современных быстроходных компрессоров необходимы масла с вязкостью при 100°C не ниже $6\text{--}7 \text{ мм}^2/\text{с}$, а для напряженных условий работы – около $8\text{--}10 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Свойство хладагентов растворять смазочное масло усиливает его вынос из компрессора в систему. Масло, находящееся в картере отключенного компрессора, поглощает определенную часть хлада-

гента (в зависимости от его температуры). Образующаяся при запуске компрессора паромасляная эмульсия всасывается поршнями и затем нагнетается в конденсатор. В результате из компрессора в холодильный контур уходит большое количество масла. Обеспечение надежной смазки подвижных узлов требует ограничения объема выброса масла из компрессора и беспрепятственного возвращения его в картер. Если количество прошедшего через нагнетательный патрубок масла превышает количество масла, вернувшегося через всасывающий патрубок, то спустя определенное время уровень масла в картере понизится до опасного предела и нарушит нормальный режим смазки. С другой стороны, если вместе с маслом в картер будет возвращаться большое количество хладагента, его количество, растворенное в масле, может стать достаточно большим. Дегазация масла, обусловленная резким снижением давления в картере при запуске компрессора, нарушает работу масляного насоса и также интенсифицирует выход паромасляной эмульсии из компрессора. Картер компрессора в конце пускового периода оказывается пустым.

В холодильной установке, в которой обеспечивается возврат всего масла из всасывающей линии, независимо друг от друга должны выполняться соотношения:

$$\begin{cases} G_{a1}\xi_{m1} = G_{a2}\xi_{m2} \\ \xi_{m2} = \xi_{m3} = \xi_{m4} \end{cases}$$

где G_{a1} – количество раствора холодильного агента и масла, выталакиваемого компрессором (кг/ч); G_{a2} – количество не испарившегося в испарителе холодильного агента в растворе; ξ_{m1} – концентрация масла в растворе на выходе из конденсатора; ξ_{m2} – концентрация масла в жидком растворе на выходе из испарителя; ξ_{m3} – концентрация масла в картере; ξ_{m4} – концентрация масла на выходе из компрессора.

Для обнаружения причин снижения уровня масла проверяют компрессор, а иногда и весь агрегат. Уровень масла в картере компрессора проверяют через смотровое стекло (рис. 3.3.4.1.21а). 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. В компрессорах с принудительной смазкой (рис. 3.3.4.1.21б) 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. 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 попал пар хладагента, то давление масла не повышается. Ошибочная регулировка терморегулирующего вентиля, снижающая подачу хладона в испаритель, засорение или замерзание влаги в нем, нарушает возврат масла в компрессор вследствие выхода из испарителя перегретого пара. В испарителе при кипении маслохладонного раствора выделяется наиболее летучий компонент – хладагент. Поэтому концентрация масла постоянно увеличивается. Это вызывает повышение температуры кипения раствора по сравнению с температурой кипения чистого хладагента при том же давлении. Скопление масла в испарителе снижает его количество в компрессоре и может вывести агрегат из строя. Остановка компрессора и его длительный простой повышают давление хладона в картере и вызывают абсорбцию (поглощение) паробразного хладона маслом. Объем раствора в картере увеличивается, создавая ложное впечатление о большом количестве масла. В процессе последующего пуска происходит интенсивное испарение хладона, масло вспенивается и может вызвать срыв насоса. Ошибкой эксплуатации молокоохладительных установок является периодическое пополнение картера компрессора маслом при отсутствии заметных утечек масла из системы. Утечки масла в виде подтеков на трубопроводах свидетельствуют о значительных потерях хладона, масла при этом уходит мало. Периодическая дозаправка установки маслом переполняет им испарительный узел. Применяют три способа пополнения системы маслом в зависимости от типа машины и имеющихся в наличии инструментов: открытый, закрытый и с помощью масляного насоса. Для осуществления открытого способа манометровый коллектор соединяют с вентилями установки. Закрывают ручные вентили на манометровом коллекторе и открывают вентили компрессора. Включают агрегат. Закрывают всасывающий вентиль компрессора и оставляют агрегат включенным до тех пор, пока давление на линии всасывания не снизится до 7–14 кПа. Останавливают компрессор и

закрывают его нагнетательный ventиль. Открывают ручной ventиль низкого давления на манометровом коллекторе и выпускают хладагент из компрессора. Снимают пробку и заливают масло в картер компрессора до требуемого уровня (рис. 3.3.4.1.24в). Закрывают ручной ventиль низкого давления на манометровом коллекторе. Приоткрывая всасывающий ventиль компрессора, выпускают часть хладагента через отверстие для заполнения маслом. Закрывают всасывающий ventиль компрессора. Устанавливают на место пробку и затягивают ее. Открывают ventили компрессора. Включают компрессор и проверяют уровень масла. Отсоединяют манометровый коллектор от системы.

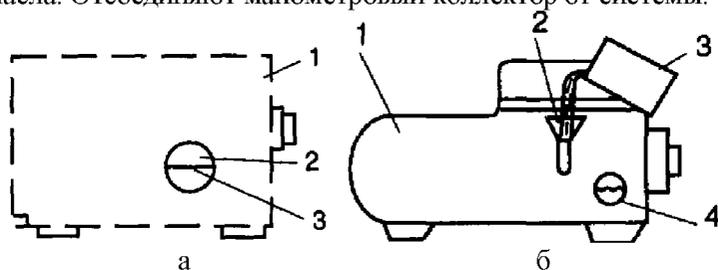


Рисунок 3.3.4.1.21 Диагностика масляной системы:

а) проверка уровня масла в картере компрессора (1 – картер компрессора; 2 – смотровое стекло; 3 – уровень масла); б) заполнение масла в компрессор (1 – компрессор; 2 – воронка; 3 – сосуд с маслом; 4 – смотровое стекло)

Для осуществления закрытого способа манометровый коллектор шлангами соединяют с ventилями компрессора. Опускают конец центрального зарядного шланга в сосуд с чистым обезвоженным маслом (рис. 3.3.4.1.22а). Открывают ventили компрессора, создавая давление в системе. Его определяют по показаниям манометров. Приоткрывают ручной ventиль низкого давления на манометровом коллекторе и пропускают часть хладагента и масло через трубопроводы (рис. 3.3.4.1.22б).

Закрывают всасывающий ventиль на компрессоре. Включают агрегат и создают вакуум в картере компрессора. Открывают ручной ventиль низкого давления на манометровом коллекторе и всасывают достаточное количество масла в компрессор (рис. 3.3.4.1.22в). Открывают ventили компрессора и включают агрегат. Для осуществления метода с масляным насосом соединяют манометр низкого давления

на манометровом коллекторе с всасывающим вентилям компрессора.

Закрывают ручной вентиль низкого давления на манометровом коллекторе. Открывают вентили установки до появления показаний давления на манометрах. Соединяют центральный зарядный шланг с масляным насосом, не затягивая соединение. Открывают ручной вентиль на манометровом коллекторе и пропускают хладагент через незатянутое соединение в течение нескольких секунд, а потом его уплотняют. Помещают масляный насос в сосуд с чистым обезвоженным маслом. Полностью открывают ручной вентиль на манометровом коллекторе. Устанавливают шпindel всасывающего вентиля компрессора в среднее положение. Перекачивают масло в систему до достижения требуемого уровня (рис. 3.3.4.1.22в). Открывают всасывающий вентиль компрессора на системе. Закрывают ручной вентиль низкого давления на манометровом коллекторе. Отсоединяют манометровый коллектор и включают установку.

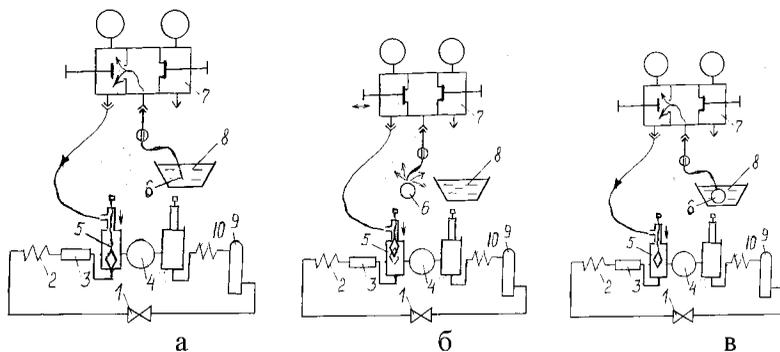


Рисунок 3.3.4.1.22 Добавление масла в закрытую систему:

- а) схема (1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3 – фильтр; 4 – компрессор; 5 – вентиль всасывающий; 6 – шланг; 7 – коллектор; 8 – емкость масла; 9 – ресивер; 10 – конденсатор; 11 – компрессор); б) продувка шланга насоса (б); в) подача масла*

При дозаправке масла холодильную машину обесточивают с помощью автоматического выключателя, а всасывающий вентиль компрессора открывают. На его тройнике вместо трубки датчика-реле низкого давления устанавливают заправочную медную трубку диаметром 6 мм и длиной 500 мм, а ее свободный конец опускают в сосуд с маслом. Провода датчика-реле давления отсоединяют, а клеммы шунтируют.

Секундным прикрытием шпинделя всасывающего вентиля компрессора продувают заправочную трубку холодильным агентом. Затем закрывают запорный вентиль на выходе из конденсатора или ресивере и включают компрессор, откачивая хладагент из картера и испарителя до давления 0,02–0,03 МПа. Медленно заворачивают шпindel вентиля, фиксируя визуально подъем уровня масла в смотровом стекле компрессора. Подъем уровня масла до середины смотрового стекла фиксируется открытием всасывающего вентиля. Затем (рис. 3.3.4.1.23а) продувают трубку, открывают всасывающий вентиль, удаляют холодильный агент и вакуумируют компрессор до 20–30 кПа и заправляют масло (рис. 3.3.4.1.23б). Затем отсоединяют заправочную трубку от тройника и присоединяют трубку датчика-реле низкого давления. Трубку продувают хладагентом до появления белого облачка: отворачивают гайку на штуцере прибора и подают хладагент на тройник, заворачивая шпindel вентиля. Снимают шунт и подключают провода датчика-реле давления. Устанавливают всасывающий вентиль компрессора в рабочее положение и проверяют герметичность системы. Запускают компрессор и проверяют уровень масла в его картере.

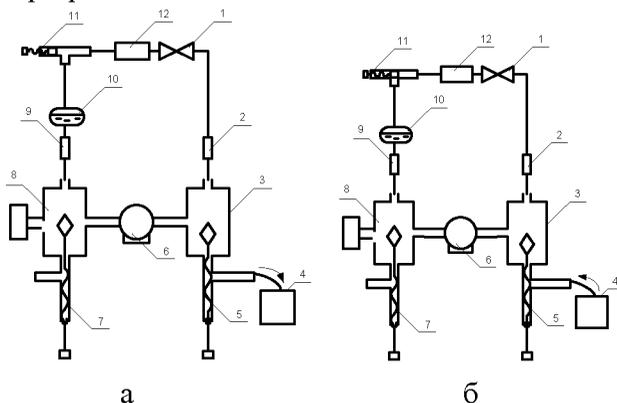


Рисунок 3.3.4.1.23 Этапы заправки масла:

1 – терморегулирующий вентиль; 2 – испаритель; 3, 8 – вентили; 4 – емкость с маслом; 5, 7, 11 – шпиндели; 6 – компрессор; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 12 – фильтр

Удаление масла из картера компрессора производят в случае его замены или избытка. Продолжительная работа холодильной уста-

новки на некачественном масле может привести к взаимодействию масел с металлами, разрушению уплотнительных деталей, ухудшению качества электроизоляционных материалов и пробую обмоток встроенных электродвигателей.

При воздействии окисленных масел и холодильного агента на материалы изоляции обмоток выделяются CO и CO_2 , которые при попадании в масло увеличивают его кислотность. Вероятность выхода из строя встроеного электродвигателя возрастает с повышением кислотности масла (рис. 3.1.24). Считают, что кислотность масла, предназначенного для использования в герметичных и бессальниковых компрессорах, не должна превышать 0,06 мг КОН/г масла. Ремонтник не должен ограничиваться только заменой влагоотделителя, но обязан также провести проверку содержания кислоты в масле компрессора. В случае, если проверка показывает наличие кислоты, он должен принять все необходимые меры для очистки контура, при отсутствии которой компрессор (герметичный или полугерметичный) подвергается опасности выхода из строя.

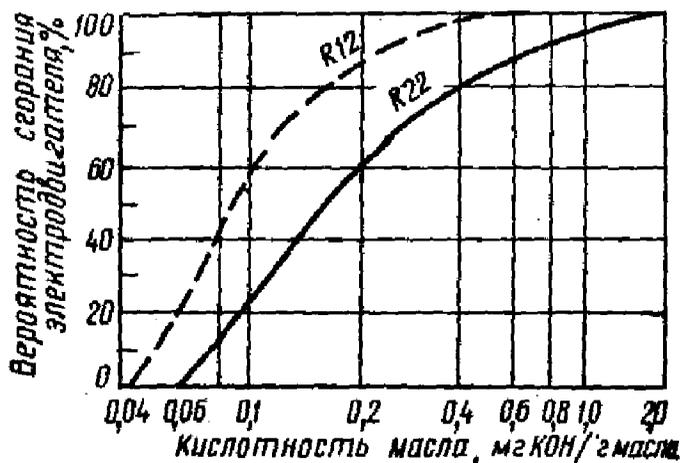


Рисунок 3.3.4.1.24 Зависимость частоты сгорания встроенных электродвигателей от кислотного числа используемого масла

Профилактическая замена масла также включает ряд обязательных и последовательных действий. Машину обесточивают.

Шпindelь всасывающего вентиля компрессора закрывают. Провода датчика-реле давления отсоединяют, а клеммы шунтируют. Включают компрессор и периодическим включением удаляют из него холодильный агент до достижения давления 20–30 кПа (рис. 3.3.4.1.25а). Выключают компрессор и закрывают нагнетательный вентиль. Отворачивают накидную гайку на тройнике и выравнивают давление в картере с атмосферным давлением. Откручивают маслосливную пробку в картере (рис. 3.3.4.1.25б) и, слив его из компрессора в емкость, заворачивают обратно (медную прокладку под пробку заменяют новой из отожженной меди). Заливают масло в компрессор до уровня середины смотрового стекла через заливное отверстие и, сменив медную прокладку на новую из отожженной меди, заворачивают пробку в маслосливное отверстие.

Снимают накидную гайку-заглушку со свободного штуцера тройника нагнетательного вентиля компрессора и включают компрессор, удаляя из него воздух (рис. 3.3.4.1.25в). После прекращения шипения выходящего воздуха из штуцера тройника кратковременным открытием всасывающего вентиля проводят продувку и доводят давление всасывания до 0,07–0,1 МПа. Устанавливают в рабочее положение нагнетательный и всасывающий вентили компрессора и снимают шунт с датчика-реле давления.

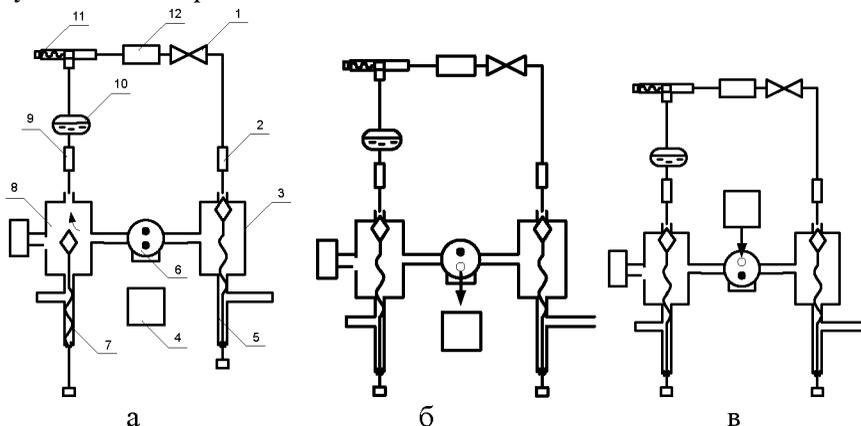


Рисунок 3.3.4.1.25 Этапы смены масла:

1 – термовентиль; 2 – испаритель; 3, 8 – вентили; 4 – емкость; 5, 7 – шпindelи; 6 – пробка; 9 – конденсатор; 10 – ресивер; 11 – запорный вентиль; 12 – фильтр

Датчик-реле контроля смазки устанавливается на компрессорах, имеющих смазку наиболее нагруженных трущихся пар маслом под давлением, создаваемым масляным насосом. Настраивается реле контроля смазки таким образом, чтобы при падении давления в системе смазки ниже 0,17–0,8 МПа компрессор выключался. Приведенные величины давлений берутся по отношению к изменяющемуся давлению в картере компрессора.

Занижение величины давления включения реле контроля смазки ведет к интенсивному изнашиванию деталей компрессора или его аварии, так как он будет продолжать работать и в том случае, если давление в масляной системе по каким-либо причинам понизится. Завышение давления выключения этого прибора приводит к систематическому выключению компрессора.

Устойчивость циркуляции масла нарушает наличие обратного уклона трубопроводов (должен быть более 1% в сторону движения хладагента) и превышение скорости витания масляных капель над скоростью движения хладагента. Так как на участках паровой фазы магистралей всасывания и нагнетания масло и хладагент стремятся разделиться, на горизонтальных участках трубопроводов с минимальным наклоном 12 мм/м в направлении движения потока хладагента основная часть масла течет по наклону (если он существует). Отсутствие наклона и низкая скорость течения паров хладагента (менее 4 метров в секунду) способствуют оседанию масла под действием силы тяжести на дно трубопровода и застаиванию там (рис. 3.3.4.1.26а). Скорости паров хладагента, превышающие 4 метра в секунду, способствуют возникновению на поверхности масла волн, перемещающихся в направлении движения хладагента (рис. 3.3.4.3.26б). Возврат масла на вертикальных участках трубопроводов осложняет действие силы тяжести. Она заставляет масляную пленку стекать вниз, если скорость движения паров хладагента меньше 8 метров в секунду.

Кроме того, присутствие масла внутри трубопроводов создает на их внутренней поверхности тонкую изолирующую масляную пленку, затрудняющую нормальный теплообмен между обдуваемым потоком воздуха и хладагентом, и уменьшает коэффициент теплоотдачи конденсатора и испарителя. Наиболее значительное снижение интенсивности теплообмена свойственно испарителю. Масло и хладагент легко разделяются при низкой температуре. Поэтому наличие

в холодильном контуре большого количества масла может снизить на 20% холодопроизводительность установки.

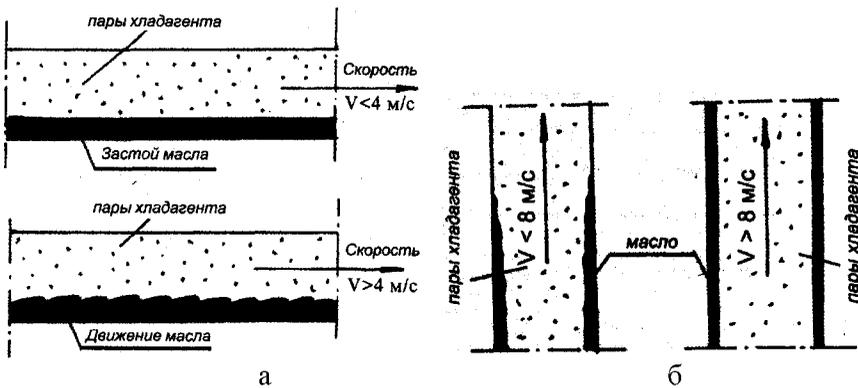


Рисунок 3.3.4.1.26 Движение масла на участках трубопроводов: а) горизонтальных; б) вертикальных

Нарушение монтажной схемы прокладки трубопроводов всасывания затрудняет возврат масла в картер компрессора. Масло накапливается в застойных зонах или на участках всасывающего трубопровода с отрицательным уклоном (рис. 3.3.4.1.27). Опорожнение застойных зон происходит путем резкого всасывания масляной пробки компрессором при пуске. Это вызывает гидравлический удар, способствующий поломкам.

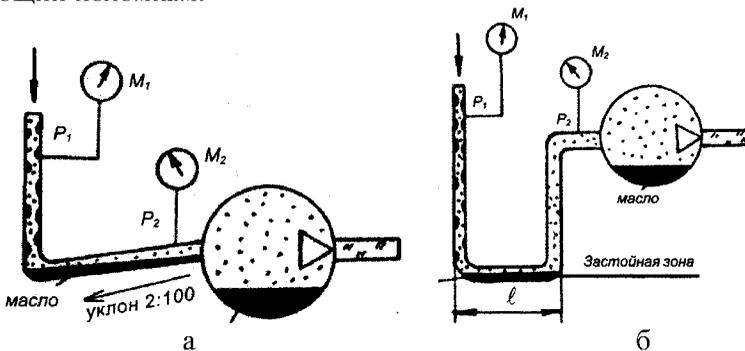


Рисунок 3.3.4.1.27 Накапливание масла при нарушении монтажных требований: а) на участке всасывания при наличии уклона; б) в застойной зоне

3.3.4.1.5 Диагностика технического состояния холодильного контура по термодинамическим диаграммам

Диагностирование холодильного контура при техническом сервисе облегчает понимание термодинамических процессов, происходящих в нем. Взаимосвязь отдельных процессов термодинамического цикла, связи между ними, взаимного влияния друг на друга раскрывает диаграмма холодильного агента. Эти процессы подчиняются газовым законам, которые являются частными случаями уравнения Менделеева-Клапейрона (рис. 3.3.4.1.28)

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

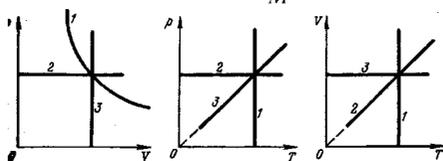


Рисунок 3.3.4.1.28 Графики изопроцессов

Пользование диаграммами позволяет производить более точный контроль и анализ параметров установок, а также настройку автоматических приборов. Наиболее удобной является диаграмма энтальпия-давление ($i - \lg P$) – диаграмма). Она отражает два процесса фазовых переходов (рис. 3.3.4.1.29а) и шесть параметров холодильного агента, которые изображены в виде различных линий (рис. 3.3.4.1.29б). Изображение в диаграмме $i - \lg P$ цикла холодильной машины дает возможность сделать важные для эксплуатации выводы о влиянии параметров конденсации и кипения на эффективность работы установки.



а

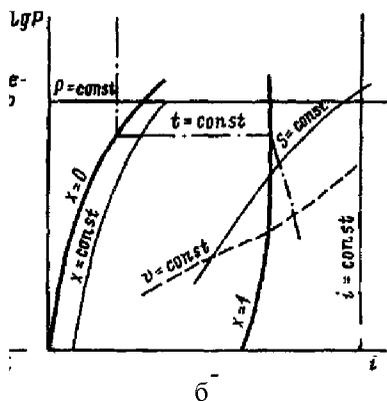


Рисунок 3.3.4.1.29 Диаграмма $i - \lg P$:

а) зоны фазового перехода, линии насыщения; б) кривые основных параметров (t – изотерма; P – давление; x – паросодержание; i – удельная энтальпия; \mathcal{G} – удельный объем; S – энтропия)

На рисунке 3.3.4.1.30 изображены три цикла работы установки: нормальный режим 1–2–3–4, режим с повышенными параметрами конденсации 1'–2'–3'–4' и режим с пониженными параметрами кипения 1''–2''–3''–4''. В нормальном режиме линия 1–2 характеризует процесс сжатия газообразного хладагента в компрессоре. На линии 2–3 имеются два участка, разделенные кривой насыщенного пара. Отрезок от точки 2 до этой кривой соответствует процессу охлаждения газообразного хладагента в конденсаторе. В течение этого процесса температура газообразного хладагента падает до температуры конденсации при постоянном давлении. Отрезок от линии насыщенного пара до точки 3 показывает процесс конденсации насыщенных паров. В точке 3 имеется только насыщенная жидкость. Далее до точки 4 происходит впрыск жидкого хладагента с высоким давлением в область низкого давления. Линия 4–1 так же, как и линия 2–3, имеет два отрезка. Первый отрезок до пересечения с кривой насыщенного пара соответствует процессу выкипания жидкого хладагента при постоянной температуре. В точке пересечения с линией насыщенных паров жидкий хладагент полностью выкипел. Далее до точки 1 идет нагрев насыщенных паров так, что в точке 1 имеется перегретый газ. Из рисунка 3.3.4.1.30 видно, что при повышении параметров конден-

сации и понижении параметров кипения удельная холодопроизводительность хладагента снижается ($q_0 > q_0' > q_0''$), а работа сжатия – повышается ($l < l' < l''$). Поэтому 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. Для повышения эффективности работы холодильной установки стремятся увеличить удельную холодопроизводительность q_0 .

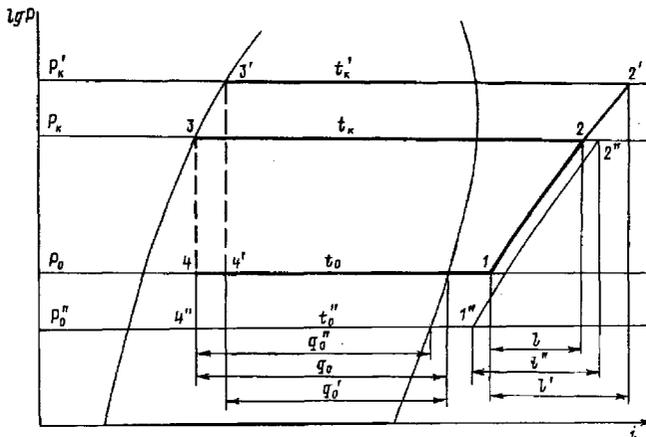


Рисунок 3.3.4.1.30 Влияние давления конденсации и кипения:
 (1''-1 – перегрев пара на всасывании; 1-2 – адиабатическое; 2-2'' – сбив перегрева; 2''-3'' – конденсация пара; 3''-3' – переохлаждение жидкости; 3'-3 – дросселирование; 4-1'' – кипение жидкости)

При диагностировании 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. Основу диагностики технического состояния молокоохладительной установки по параметрам термодинамического цикла составляют показания манометров

метров и термометров. Номинальные значения этих параметров определяются способом охлаждения, конечной температурой охлаждаемой среды, характеристиками хладагента.

Наиболее часто отклонение давления происходит в испарителе, причем в сторону повышения. Высокое давление в испарителе может быть следствием снижения производительности компрессора (рис. 3.3.4.1.31), неисправности терморегулирующего вентиля либо результатом воздействия обоих факторов (указано стрелками). Причиной высокого давления в испарителе является подача в него большого количества хладагента. Это происходит в результате заклинивания или выработки клапана терморегулирующего вентиля. Возможен вариант впуска большого количества хладагента даже полностью исправным терморегулирующим вентилем. Это происходит в случае плохого контакта всасывающего трубопровода и термобаллона. В результате воздействия окружающего воздуха температура хладагента в термобаллоне повышается. Термобаллон «сообщает» терморегулирующему вентилю о большом перегреве хладагента в испарителе. Терморегулирующий вентиль увеличивает подачу хладагента. Внешним признаком большой подачи хладагента в испаритель является обмерзание всасывающего трубопровода после теплообменника. Включенный компрессор работает влажным ходом, сопровождаемый характерным шумом.

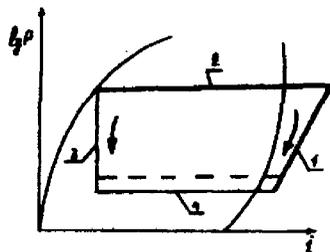


Рисунок 3.3.4.1.31 Причины высокого давления в испарителе:
1 – линия компрессора; 2 – линия конденсатора; 3 – линия термовентилля; 4 – линия испарителя

Вторым характерным случаем изменения нормального режима работы холодильной установки, фиксируемым манометром, является низкое давление в испарителе. Одним из основных признаков этого явления отмечается повышенный перегрев газообразного хладагента

в испарителе. При этом увеличивается время охлаждения. О причинах снижения давления в испарителе можно судить по температуре жидкого хладагента после теплообменника (перед терморегулирующим вентилем). Если в системе мало хладагента, то в теплообменнике будет слабый теплообмен, и жидкий хладагент станет охлаждаться слабо. Если количество хладагента в системе и переохлаждение его в теплообменнике в норме, то наиболее вероятной причиной перегрева хладагента в испарителе является малая подача хладагента терморегулирующим вентилем. Это происходит вследствие неправильной настройки (производительность терморегулирующего вентиля должна быть равна или на 20–30% больше производительности компрессора) или частичной закупорки терморегулирующего вентиля.

Частичная закупорка проходного сечения терморегулирующего вентиля обуславливается замерзанием в системе свободной влаги. Замерзание свободной влаги, циркулирующей с хладагентом и маслом, в клапане терморегулирующего вентиля прерывает подачу хладагента в испаритель. Аналогичный отказ вызывает утечка хладагента из термобаллона. Отказ термосистемы закрывает клапан терморегулирующего вентиля. Проверить терморегулирующий вентиль на целостность термосистемы можно продувкой воздуха через снятый терморегулирующий вентиль. В случае отсутствия хладагента в термосистеме клапан будет закрыт и воздух не продувается. Слишком слабый испаритель вызывает аномальное снижение давления кипения. При понижении температуры кипения дроссельные потери увеличиваются.

Третье возможное состояние хладагента после теплообменника характеризуется его переохлаждением. Это возможно вследствие сужения сечения жидкостного трубопровода или закупорки фильтра. В результате снижается подача хладагента в испаритель, и давление всасывания становится ниже нормы. Деформация трубопровода происходит в том случае, когда его сильно изгибают, в результате чего образуется сплюснутый участок.

Если сопротивление имеет место в жидкостном трубопроводе, то в месте смятия создается разность температур в результате дросселирования хладагента. Когда трубопровод деформирован в значительной степени, то на участке после места смятия образуется конденсат или слой инея (рис. 3.3.4.1.32а). Все терморегулирующие вентили оснащены фильтрами, а всасывающие трубопроводы –

фильтрами-осушителями. Засоренный фильтр уменьшает подачу хладагента, и его циркуляция в системе может полностью прекратиться (рис. 3.3.4.1.326).

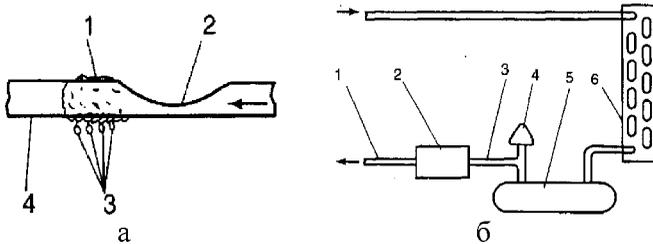


Рисунок 3.3.4.1.32 Признаки преждевременного дросселирования:
а) смятие (1 – конденсат; 2 – место смятия; 3 – капли воды; 4 – трубопровод); б) закупорка осушителя (1 – холодный трубопровод; 2 – осушитель; 3 – теплый трубопровод; 4 – вентиль; 5 – ресивер; 6 – конденсатор)

Преждевременное дросселирование хладагента в жидкостной магистрали может быть вызвано дефектами, вызывающие одни и те же симптомы. Наиболее часто встречающиеся дефекты – это засорение фильтра-осушителя, частичное закрытие выходного вентиля ресивера, нарушение работы электромагнитного клапана, слишком малый диаметр проходного сечения магистрали или ее прохождение через сильно нагретый участок. Преждевременное дросселирование в фильтре-осушителе вызывают накопления на фильтре загрязнений (частицы влагопоглощающего материала, различные частицы, окалина, припой или остатки флюса, грязь). Этот дефект указывает на то, что холодильный контур очень загрязнен (и, следовательно, на многочисленные оплошности, допущенные обслуживающим персоналом, особенно при монтаже или непрерывных ремонтах).

Выходной вентиль жидкостного ресивера, расположенный на выходе из него, должен быть полностью открыт таким образом, чтобы обеспечить минимально возможное сопротивление движению жидкости (и, следовательно, минимально возможные потери давления в нем). Если вентиль случайно оказался частично перекрытым (как правило, вследствие ошибочного движения или по забывчивости), между входом жидкости в ресивер и выходом из вентиля наблюдается перепад температур.

Электромагнитный клапан, устанавливаемый на жидкостной магистрали и срабатывающий по команде автоматически, предназначен для ограничения или исключения в случае необходимости преждевременного перетекания жидкости в корпус компрессора при каждой остановке холодильного агрегата, герметично перекрывая жидкостную линию. Если электромагнитный клапан открывается плохо (заедает сердечник, в результате чего он блокируется или плохо скользит, проходное сечение забито посторонними частицами, периодически нарушается электрическая цепь обмотки клапана, не полностью втягивается шток клапана), то потери давления на клапане резко возрастут. В этот момент клапан начинает работать как маленький терморегулирующий вентиль, вызывая преждевременное дросселирование хладагента.

Дополнительные потери давления в жидкостной магистрали, вызванные ошибками при выборе элементов холодильного контура (недостаточная пропускная способность) или их некачественный монтаж (например, несоответствие направления, указанного на корпусе узла, направлению течения жидкости), могут вызвать преждевременное дросселирование, которое обнаруживается появлением аномального перепада температур между входом и выходом ошибочно установленного элемента. В этом случае необходимо обеспечить соответствие монтажа этого элемента конструкторской документации, удостовериться в его нормальной работе, а при необходимости подобрать элемент нужных размеров.

Прокладка жидкостной магистрали через сильно нагретый участок может иметь место в установках с конденсатором воздушного охлаждения, когда жидкостная магистраль связывает конденсатор, расположенный снаружи, с испарителем, расположенным внутри холодильной камеры. В этом случае часть жидкостной магистрали может сильно нагреваться либо в результате солнечного излучения (температура на солнце может легко превысить 50°C), либо проходя вблизи какого-нибудь источника тепла (обогреватели, технические устройства). Этот подогрет жидкостной магистрали в результате контакта с окружающим воздухом может вызвать повышение температуры жидкости и, следовательно, снижение переохлаждения, повысив опасность преждевременного дросселирования. В этом случае жидкостную магистраль следует теплоизолировать на всех участках установки, где в то или иное время года температура окружающей среды может становиться высокой.

Низкое давление в конденсаторе является следствием циркуляции слишком холодного воздуха через него. Это ухудшает экономичность работы холодильной установки, создавая малую разность давлений в терморегулирующем вентиле. Высокое давление в конденсаторе является следствием избытка хладагента в системе и наличия неконденсирующихся газов в системе, загрязнения конденсатора или неверной комплектации ремней вентилятора, заморозки большого количества льда на испарителе. Аномально высокие давления нагнетания и кипения – признаки недостаточной производительности компрессора. Избыток хладагента в холодильном контуре, а также присутствие неконденсирующихся газов в системе повышает давление нагнетания. Газы не конденсируются в холодильной системе при нормальном давлении и занимают в конденсаторе объем, необходимый для хладагента.

Отсутствие надлежащего обдува конденсатора замедляет охлаждение хладагента. При высокой температуре жидкого хладагента производительность холодильного агрегата снижается. Это происходит при загрязнении конденсатора, растяжении ремня вентилятора. Загрязнение конденсаторов воздушного охлаждения, снижающее теплообмен, вызывается чрезмерной запыленностью и загрязненностью воздуха. Даже легкое загрязнение конденсатора может снизить его мощность на 10–30% только по причине падения коэффициента теплообмена без какого-либо заметного влияния на расход воздуха.

Следовательно, полный температурный перепад между температурой наружного воздуха и температурой конденсации становится значительным. Ввиду ухудшения теплообмена между хладагентом и воздухом из-за загрязнения ребер, наружный воздух проходя через конденсатор, нагревается слабо, его температура на выходе из конденсатора падает, что приводит к снижению перепада температуры воздуха. Нехватка мощности конденсатора обуславливает плохую конденсацию паров. Это означает, что переохлаждение жидкости, измеренное на выходе из конденсатора, будет сильно уменьшаться (в предельных случаях можно даже наблюдать прохождение паровых пузырей в смотровом стекле, хотя заправка хладагента абсолютно нормальная).

На практике довольно сложно правильно измерить температуру воздушной струи на выходе из конденсатора, и ремонтник в большинстве случаев может состояние чистоты оребрения определить

лишь визуально. Однако указанные соображения относительно перепада температур могут сослужить службу в случае, если установка оборудована конденсатором с водяным охлаждением, поскольку они позволяют абсолютно уверенно определить, имеется ли недостаток расхода воды или водяной тракт покрыт отложениями или накипью.

Если циркуляция воздуха через конденсатор обеспечивается при помощи осевого вентилятора, его расположение относительно конденсатора должно строго соответствовать геометрическому центру последнего, чтобы поддерживать расход воздуха и характеристики вентилятора на уровне номинальных значений (рис. 3.3.4.1.33а). При монтаже или ремонте вентилятора возможна ситуация, когда он окажется смещенным от центральной оси конденсатора в горизонтальном или вертикальном направлении. В результате такого монтажа значительная часть поверхности теплообмена конденсатора будет находиться вне основного потока продуваемого через него воздуха (например, когда приводной ремень слишком длинный или слишком короткий).

В ряде случаев монтажники ошибочно считают, что увеличить холодопроизводительность установки можно искусственным повышением давления конденсации. Для этого часть поверхности конденсатора воздушного охлаждения закрывают, уменьшая приток воздуха. Уменьшение теплопередающей поверхности вызывает лишь отрицательные последствия. Давление и температура в нагнетательной линии повышаются, увеличивая количество балластного пара, образующегося в терморегулирующем вентиле, и ухудшается наполнение компрессора. Снижение реальной поверхности теплообмена конденсатора может вызвать недостаток мощности, не позволяющей обеспечить нормальную конденсацию.

Другая проблема может возникнуть, если винт вентилятора снабжен кольцевым выступом, предназначенным для управления потоком воздуха с целью повышения коэффициента полезного действия вентилятора, а, следовательно, и расхода воздуха. Если при монтаже (или после ремонта) винт не установлен строго на первоначальное место по отношению к ободу, то значительная часть воздуха, всасываемого вентилятором, может проходить через него, минуя конденсатор (рис. 3.3.4.1.33а). Такой неверный монтаж винта также может вызвать заметное снижение расхода воздуха через конденсатор и, следовательно, стать причиной аномального роста давления конденсации.

Теплопередающая поверхность аппаратов холодильных машин в процессе эксплуатации 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°C). Если ребра конденсатора забиты липкой грязью, то применяют 3–5%-ный теплый раствор кальцинированной соды. Для промывки в резервуар приспособления (рис. 3.1.33б) заливают 6–7 литров 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.

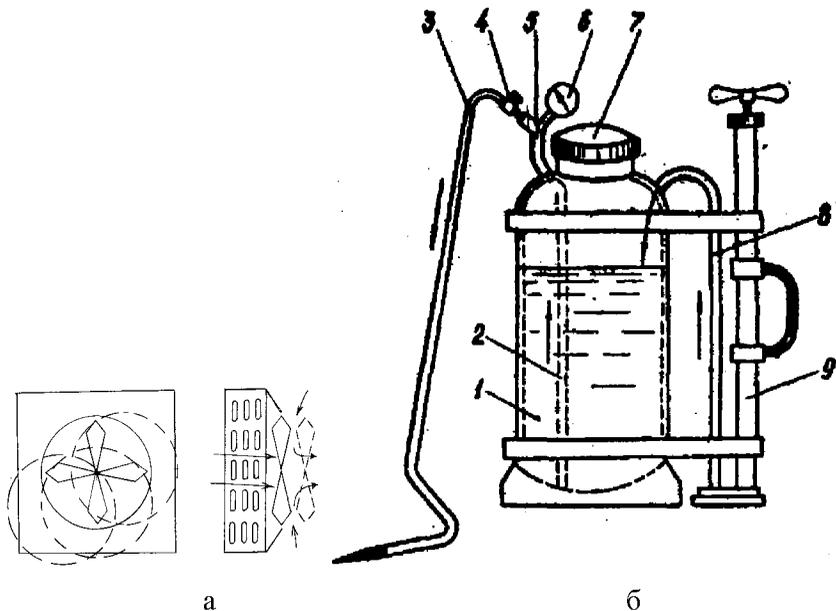


Рисунок 3.3.4.1.33 Монтажное обслуживание конденсаторов:
а–б) расположение вентилятора; б) приспособление для промывки (1 – резервуар; 2 – внутренняя трубка; 3 – шланг с наконечником; 4 – кран; 5 – тройник; 6 – манометр; 7 – горловина с крышкой; 8 – килсродный шланг; 9 – автомобильный насос)

3.3.4.2 Компрессоры

Отказы компрессоров вызывают неисправности механических частей и электрической схемы (герметичных компрессоров). Проверку предохранителей осуществляют либо в электрической схеме вольтметром, либо вне схемы – омметром. Напряжение проверяют на клеммах каждого предохранителя. Вынутый из схемы предохранитель (рис. 3.3.4.2.1а) проверяют омметром на замкнутость цепи между его концами. Неисправные электрические соединения определяют визуально (рис. 3.3.4.2.1б). При обнаружении неисправности производят ремонт или замену проводов или клемм. 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. 3.3.4.2.1в). 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.

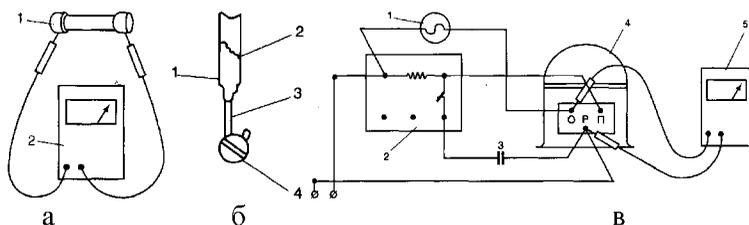
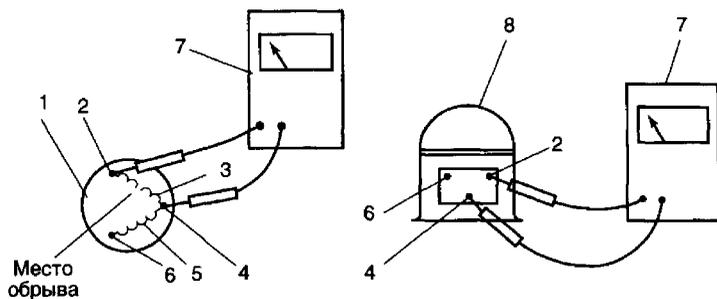


Рисунок 3.3.4.2.1 Диагностика электрических элементов:

- а) плавкого предохранителя (1 – предохранитель; 2 – омметр); б) электрического соединения (1 – перегоревшая и хрупкая изоляция; 2 – обесцвеченная изоляция; 3 – обесцвеченный и хрупкий провод; 4 – клемма); в) напряжения на клеммах компрессора (1 – защитное реле; 2 – пусковое реле напряжения; 3 – пусковой конденсатор; 4 – компрессор; 5 – вольтметр)

Неисправности в электрической схеме герметичного компрессора связаны с нарушениями в электродвигателе и могут быть следствием обрыва обмотки, межвиткового замыкания или замыкания обмотки на корпус. Проверку электродвигателя осуществляют омметром или микрометром. 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. 3.3.4.2.2а). Омметр устанавливают на нуль и поочередно проверяют цепи между клеммами. При обрыве в обмотке омметр показывает сопротивление «бесконечность». Обнаружение короткозамкнутой обмотки производят омметром (рис. 3.3.4.2.2б) на электродвигателе компрессора с отсоединенными подводящими проводами. С помощью омметра проверяют цепи между клеммами, а также между клеммами и корпусом. 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 (рис. 3.3.4.2.2в) может происходить ее замыкание на корпус. 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 пробоя омметр покажет наличие сопротивления в цепи.



а

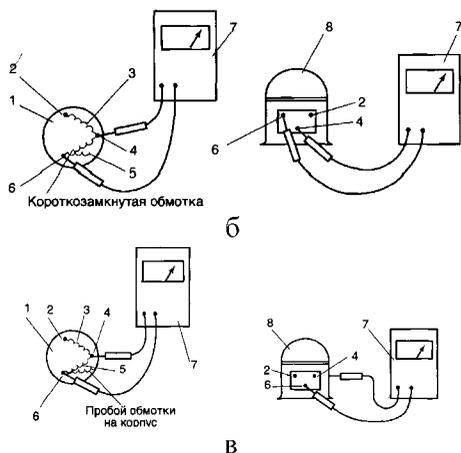


Рисунок 3.3.4.2.2 Диагностика электрической схемы компрессора: а) обрыв обмотки (1 – электродвигатель; 2, 4, 6 – клеммы обмоток электродвигателя; 3 – обмотка, имеющая обрыв; 5 – целая обмотка; 7 – омметр; 8 – компрессор); б) замыкание витков; в) пробой обмотки на корпус

Неисправность компрессора, вызывающая повышение давления в испарителе, может быть вызвана поломкой клапанов вследствие гидравлического удара. Температурным признаком (рис. 3.3.4.2.3) разрушения всасывающего клапана левого цилиндра является умеренный нагрев головки блока цилиндров с его стороны и повышенный – со стороны нагнетательного вентиля.

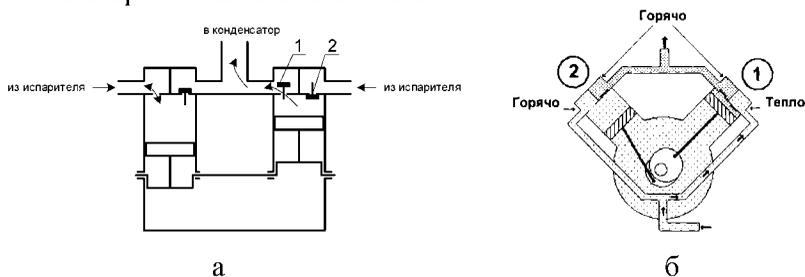
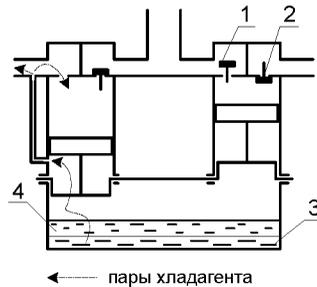
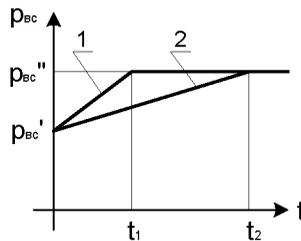


Рисунок 3.3.4.2.3 Признаки разрушения всасывающего клапана: а) потоки движения хладагента при разрушении всасывающего клапана компрессора во время работы (1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан); б) органолептические признаки

После остановки компрессора с разрушенным всасывающим клапаном происходит проникновение паров хладагента в испаритель, что также повышает давление в нем (рис. 3.3.4.2.4а). В результате натекания в испаритель паров хладагента после остановки компрессора при закрытом жидкостном вентиле ресивера давление в испарителе повышается медленнее (рис. 3.3.4.2.4б). Предельное вакуумметрическое давление в картере компрессора с закрытыми вентилями системы также повышается.



а



б

Рисунок 3.3.4.2.4 Конструктивные и физические модели компрессора: а) схема выделения паров хладагента из масла при разрушенном всасывающем клапане (1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан; 3 – жидкий хладагент; 4 – масло); б) продолжительность частичного повышения давления после остановки компрессора (1 – при исправном клапане на линии всасывания; 2 – за счет выделения паров хладагента из масла при разрушенном клапане)

Кроме разрушения всасывающего клапана повышение давления в испарителе возможно в результате поломки нагнетательного клапа-

на. Отказ нагнетательного клапана способствует повторному попаданию и сжатию горячего пара хладагента в цилиндр компрессора (рис. 3.3.4.2.5). Результатом повторного сжатия паров является нагрев крышки блока цилиндров до 90–140°C. В случае разрушения нагнетательного клапана 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 (рис. 3.3.4.2.5в).

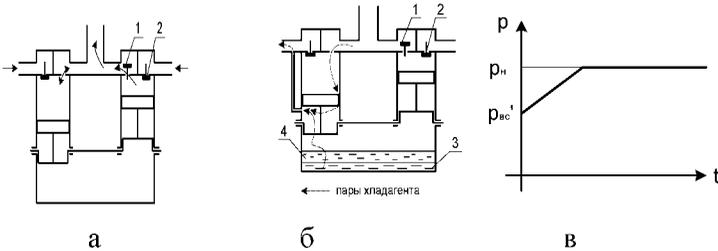


Рисунок 3.3.4.2.5 Поток при разрушении нагнетательного клапана: а) хладагента (1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан; 3 – жидкий хладагент; 4 – масло); б) масла; в) изменение давления в испарителе после остановки компрессора

Внешним проявлением износа компрессора является нагрев корпуса и возникновение характерных стуков. Это может являться также следствием нарушением параллельности (более 0,02 мм на 100 мм длины шеек) шатунных шеек коренным шейкам, расшатывающей шатун на коленчатом валу, а за ним и всю шатунно-поршневую группу (рис. 3.3.4.2.6а), износа цилиндра и поршня (рис. 3.3.4.2.6б), подшипников и цапфы коленчатого вала (рис. 3.3.4.2.6в).

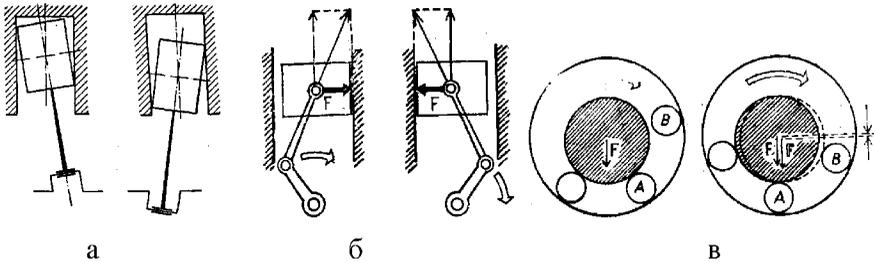


Рисунок 3.3.4.2.6 Схема взаимодействия элементов компрессора: а) вал-шатун; б) поршень-гильза; в) вал-подшипник

В средних компрессорах принудительную смазку в большинстве конструкций осуществляют шестеренным насосом. Наиболее надежен насос, затопленный в масляной ванне компрессора, однако такое размещение насоса громоздко и трудоемко, так как требует специального привода, иногда с помощью трех шестерен. Кроме того, такой привод служит источником дополнительного шума. Поэтому находят широкое применение насосы, ось которых совпадает с осью коленчатого вала, и привод осуществляется с помощью простых компактных элементов. Такие насосы чаще всего выполняют с шестернями внутреннего зацепления, что делает их еще более компактными и обеспечивает повышенную работоспособность на масле, насыщенном холодильным агентом. Это особенно важно для компрессоров, работающих на масле и холодильном агенте, характеризующихся хорошей взаимной растворимостью, в частности при запусках после длительной стоянки и при влажном ходе компрессора. Сечение трубопроводов подбирают так, чтобы скорость масла не превышала 0,7–1,0 м/с. Давление масла поддерживают на уровне, превышающем давление в картере компрессора на 60–250 кПа. Давление регулируется перепускным клапаном, сбрасывающим масло из нагнетательного трубопровода в картер.

В малых непрямочных фреоновых компрессорах всасывающие и нагнетательные клапаны обычно размещают на одной плите, покрывающей цилиндры, хотя при этом может существенно увеличиться подогрев пара на всасывании. Статическая плотность клапана (при остановке компрессора) является показателем его исправности и имеет особое значение для нагнетательных клапанов автоматизированных компрессоров. Этому требованию удовлетворяют кольцевые и пяточковые пружинные клапаны. Их статическую плотность проверяют в собранном компрессоре. К всасывающим клапанам предъявляют требование только динамической плотности — отсутствия перетечек через щели клапанов во время хода нагнетания. Седла и розетки клапанов выполняют из углеродистой стали, термически обработанной до твердости 240–320 НВ, а также из высококачественного чугуна СЧ24-44 (метод коркового литья) или из стального литья по выплавляемым моделям.

Кольцевые пластины клапанов изготавливают из листовых хромистых легированных сталей марок У8А, 30ХГСА или 30Х13 с термообработкой до твердости 48—52 НRC. Для полосовых клапанов

применяют светлые холоднотянутые стали марок 70С2ХА или У10А. Для изготовления кольцевых клапанов применяют также хромистые стали, обработанные в расплаве синтетическими шлаками, или стали электрошлакового переplava. Для повышения долговечности пластин (наиболее уязвимая деталь) необходимо, чтобы материал имел как можно меньше неметаллических и газовых включений, нежелательны сера и фосфор и крупноигольчатая структура. Решающую роль играет качество и финишной механической обработки. На пластинах недопустимы концентраторы напряжений, в связи с чем шероховатость поверхности должна быть не хуже $R_z 0,32$ а кромок — не хуже $R_z 1,25$; риски от обработки должны носить разориентированный характер. При изготовлении цилиндрических точечных пружин кольцевых клапанов обычно применяют пружинную проволоку. Недостаток таких пружин состоит в ограниченной термостойкости и, как следствие, нестабильной во времени жесткости. Эта проволока удовлетворительно работает до температур 120–140°C; в то время как в местах размещения нагнетательных клапанов бывают температуры и более высокие, особенно при поломках пластин. Поэтому желательно применять стали типа 50 ХФА (ГОСТ 14963—78).

Большое распространение имеют самодействующие клапаны, а среди них – клапаны с полосовыми пластинами. В клапане, схема конструкции одной ячейки которого изображена на рисунке 3.3.4.2.7, замыкающей деталью является полосовая пластина (1) прямоугольной формы, обладающая пружинящими свойствами. В закрытом клапане пластина прижата к седлу (2). Когда давление под пластиной превышает давление над ней, под действием разности этих давлений пластина прогибается, освобождая путь холодильному агенту. Прогиб ограничивается розеткой 3. В малых герметичных компрессорах применяют клапаны с упругими пластинами, закрепленные с одной стороны, (консольные), с двух сторон или кольцевые. Пластина всасывающего клапана обычно укреплена на штифтах, запрессованных в торец цилиндра. Пластина всасывающего клапана прижата крышкой к цилиндру, пластина нагнетательного клапана расположена между крышкой и плитой, соединенных заклепкой (рис. 3.3.4.2.10). Их толщина обычно составляет от 0,15 до 0,4 мм. Полосовые пластины работают в очень тяжелых условиях, вызванных в основном тем, что рабочие перемещения пластин происходят с очень большой частотой.

той. Эта частота равна числу оборотов коленчатого вала, которое в большинстве современных компрессоров составляет около 1000–1500 об/мин. Таким образом, пластины подвергаются частым и сравнительно сильным ударам, поочередно то о седло, то о розетку. Тем не менее, они должны сохранять свои первоначальные форму и размеры на протяжении длительного времени. Срок службы их, например, у средних и крупных компрессоров должен составлять 3000 часов. Это значит, что пластина за время работы должна выдержать 180 миллионов ударов о седло и розетку (число оборотов коленчатого вала этого компрессора около 1000 об/мин).

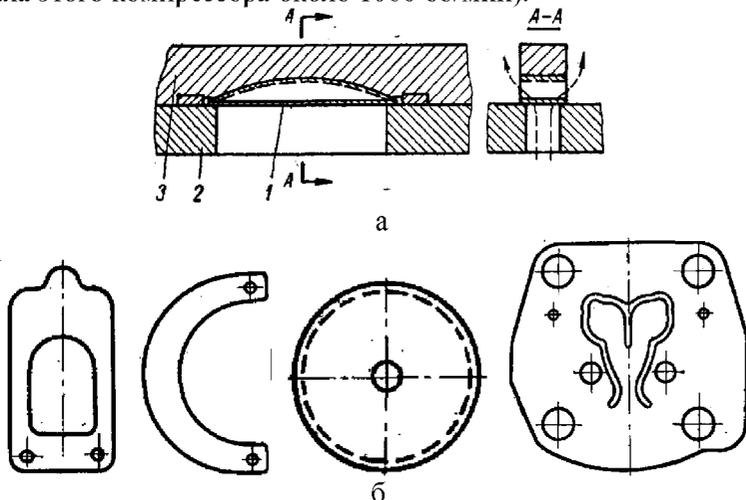


Рисунок 3.3.4.2.7 Клапанные пластины:

а – схема работы одной ячейки клапана с полосовой пластиной (1 – полосовая пластина; 2 – седло; 3 – розетка); *б* – клапанные пластины малых герметичных компрессоров

Анализ причин аварийных остановок поршневых компрессоров показывает, что в 80 случаях из 100, это происходит из-за поломки пластин клапанов. Исходя из этого, материал пластин должен сочетать в себе достаточную твердость (чтобы противостоять постепенному расклепыванию пластин, то есть пластической их деформации) с высокой ударной прочностью (чтобы предупреждать образование трещин и последующее разрушение от чрезмерной хрупкости) и вибрационной (усталостной) прочностью, поскольку пластины работают

в условиях знакопеременных нагрузок. Задача сочетания этих взаимно исключаящих друг друга свойств решается подбором материала и его термической обработки.

Клапанные пластинки подвержены поломкам. Обломки пластинок, попав внутрь цилиндра компрессора, образуют царапины стенок цилиндра и головки поршня (рис. 3.3.4.2.8а). Инеродные тела препятствуют закрытию клапанов, способствуя проникновению паров хладагента между сторонами всасывания и нагнетания. Поврежденная стенка цилиндра пропускает часть паров хладагента в картер компрессора (рис. 3.3.4.2.8б). Наличие царапин на верхней части поршня увеличивает общий защемленный объем. В случае нецелесообразности ремонта гильзы цилиндра ее выпрессовывают и заменяют новой. Полосовые пластины изготавливаются из пружинной, термически обработанной ленты углеродистой стали марки У10А.

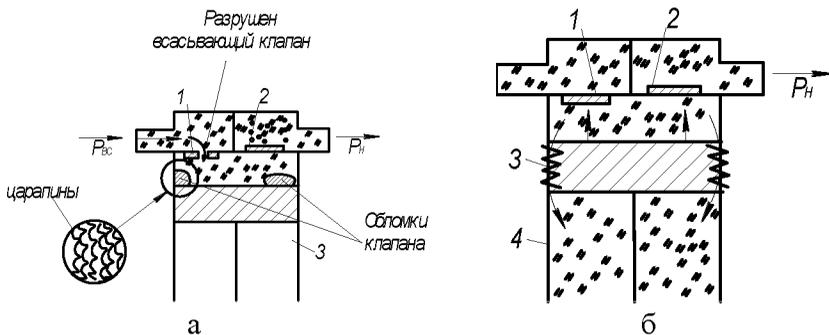


Рисунок 3.3.4.2.8 Повреждение цилиндра компрессора:

а) разрушен клапан всасывающий (1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан; 3 – обломки); б) поврежденная поверхность цилиндра (1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан; 3 – поршень; 4 – цилиндр)

Эта лента в состоянии поставки уже имеет твердость не менее 500 единиц по Виккерсу (HV 500), в связи с чем пластины, изготовленные из нее, не нуждаются в дополнительной термической обработке. Ее наружная поверхность полирована. Она не должна иметь таких дефектов, как закаты, расслоения, риски и окалина. Не допускается также обезуглероженный слой на поверхности. Неплоскостность ленты в поперечном направлении, так называемая желобча-

тость, не превышает 0,03 мм. Для изготовления пластин применяют ленту высокой точности с поперечным сечением 1×10 мм, которая имеет предельное отклонение по толщине – 0,05 мм и по ширине – 0,2 мм. Кромки ленты закруглены шлифованием или изготовлением путем расплющивания проволоки. Размеры поперечного сечения, точность этих размеров, качество поверхности поставляемой ленты таковы, что вся механическая обработка пластин сводится к разрезке ленты на куски и обработке мест разрезки. Механическая обработка основных плоскостей пластины не только не нужна, но и недопустима, так как при этом образуются царапины, которые могут привести во время работы к быстрому выходу пластин из строя. По тем же причинам чистота обработки концов пластины в местах отрезки от ленты должна быть сравнительно высокой. Для предотвращения образования вмятин на ребрах и повреждения рабочих поверхностей клапана все ребра пластин тщательно скругляются.

Механическая обработка пластин сводится к следующему. Из ленты, поставляемой в рулонах, нарезаются куски требуемой длины с припуском на дальнейшую обработку по длине, размером 0,6 мм на каждую сторону. Диаметр рулона не менее чем в 200 раз больше толщины ленты. В связи с высокими требованиями к плоскостности пластин, отрезка должна производиться так, чтобы не происходило коробление концов заготовок. Учитывая это, а также небольшие размеры поперечного сечения ленты, заготовки от ленты отрубаются при помощи простейшего штампа, устанавливаемого на штамповочном прессе и представляющего собой подобие гильотинных ножниц. После этого на плоскошлифовальном станке обрабатываются концы заготовки в окончательный размер.

Размеры и форма заготовок позволяет производить их обработку пачками по 130 шт., закрепляемыми в специальном приспособлении. В связи с тем, что приспособление вместе с заготовками во время обработки удерживается на плоскошлифовальном станке силой магнитов, заготовки намагничиваются и начинают притягивать к себе мелкие частицы черного металла (стружку, металлическую пыль).

Поэтому после обработки на плоскошлифовальном станке заготовки размагничивают, помещая их на несколько секунд в зону действия электромагнитов, питаемых переменным током. Затем запиливают ребра пластин личным напильником и тщательно зачищают аб-

разивным полотном. В заключение производят рихтовку (выравнивание) тех пластин, которые по каким-либо причинам покоробились, например, при транспортировке или хранении. Рихтовка производится ударами деревянного молотка на гладкой чугунной плите.

Герметичные компрессоры имеют две особенности, влияющие на условия их технического обслуживания и ремонта. Это, во-первых, недоступность узлов и деталей для осмотра и ремонта без нарушения герметичности и, во-вторых, значительный объем производства. Первое вынуждает обеспечивать большую долговечность трущихся поверхностей и высокую сухость хладагента и смазочного масла. Второе позволяет применять в производстве такие средства, которые при меньших объемах выпуска оказываются экономически неоправданными. Большая долговечность трущихся деталей обеспечивается комплексом мероприятий. Важнейшим из них является отказ от уплотнения поршня в цилиндре при помощи поршневых колец, ускоряющих износ самих колец и зеркала цилиндра. Кольца малых диаметров (40 мм и меньше) трудно устанавливать без их поломки.

Отказ от поршневых колец вызвал значительное уменьшение зазора между цилиндром и поршнем и повышение точности их посадки. Необходимая плотность сопряжения поршня с цилиндром здесь обеспечивается за счет высокой точности зазора и его малой величины (этому способствует также малый диаметр поршня), применением для поршня и цилиндра антифрикционных и износостойких материалов, а также наличием на поршне кольцевых масляных канавок. В таких установках, видимо, вынуждены идти как на относительно большие потери мощности на трение пары поршень-цилиндр, так и на относительно большие утечки холодильного агента, тем более что абсолютное значение того и другого мало. Повышение долговечности других подвижных сопряжений также потребовало повышения точности их посадки. В итоге потребовались такие допуски зазора, которые в несколько раз меньше, чем при стандартных посадках 1-го класса точности.

Так, например, зазор между поршнем и цилиндром при номинальном диаметре сопряжения, равном 36 мм, должен находиться в пределах 0,010–0,018 мм, то есть его допуск равен 0,008 мм, тогда как при посадке движения 1-го класса точности он составляет 0,009–0,035 мм и его допуск равен 0,026 мм. Естественно, что в этом случае даже при очень большом объеме производства экономически

нецелесообразно добиваться такой точности изготовления сопрягаемых деталей, при которой была бы обеспечена их полная взаимозаменяемость.

Поэтому здесь применяют селективную сборку. Поскольку в этих условиях отпадает всякая необходимость придерживаться показателей стандартных посадок, предельные отклонения назначают с позиций удобства подбора (селекции). В качестве примера на рисунке 3.3.4.2.9 представлена характеристика сопряжения цилиндр – поршень компрессора ФГК-0,7 до сортировки по действительным размерам. Из нее видно, что поля допусков обеих деталей асимметричны относительно нулевой линии, соответствующей номинальному диаметру сопряжения, равному 36 мм, причем асимметричность здесь непредельная. Допуск отверстия цилиндра $\delta_{ц}$ и допуск поршня $\delta_{п}$ равны друг другу, что также необычно для сопряжений высоких классов точности.

Величина каждого из них (0,024 мм) такова, что для отверстия (цилиндра) она является более грубой, чем допуск отверстия подобного диаметра во 2-м классе точности по ОСТ, равный 0,017 мм, а для вала (поршня) – более точной, чем во 2-м классе, где допуск равен 0,027 мм. Если бы эти детали собирались без сортировки и подбора, сопряжение характеризовалось бы переходной посадкой с наибольшим значением зазора $S_{\phi} = 0,038$ мм и наибольшим значением натяга $N_{\phi} = 0,010$ мм и, следовательно, с допуском посадки, равным 0,048 мм.

Все годные готовые цилиндры и поршни подвергаются тщательному измерению для определения их действительных размеров и сортировке на шесть групп. В результате этого допуск отверстия (цилиндра) и допуск вала (поршня) внутри каждой из шести групп сокращается в 6 раз и составляет всего 0,004 мм (рис. 3.3.4.2.9).

В каждой из групп зазор колеблется от $S_{\phi} = 0,010$ мм до $S_{\phi} = 0,018$ мм. Допуск посадки сократился в 6 раз и вместо 0,048 стал равным 0,008 мм. К числу других сопряжений этого компрессора, где применяется селективная сборка, относятся сопряжения корпус – эксцентриковый вал, эксцентриковый вал – шатун, шатун – поршневой палец, поршневой палец – поршень. Одним из основных недос-

татков селективной сборки является необходимость разделения всего количества готовых сортируемых деталей на несколько размерных групп. В данном случае этот недостаток становится существенным потому, что число таких групп велико. Так, например, все готовые поршни должны быть разделены на 6 групп по наружному диаметру, а каждая из этих групп – на 4 группы по диаметру отверстия под поршневой палец, итого на 24 группы. Такой же разбивке подвергаются корпус компрессора (с цилиндрами и отверстием под эксцентриковый вал) и шатун. При таком малом допуске необходима очень высокая точность измерения. Поэтому в качестве измерительных средств используются пневматические поплавковые приборы, имеющие высокую точность измерения, простое устройство и высокую скорость процесса измерения.

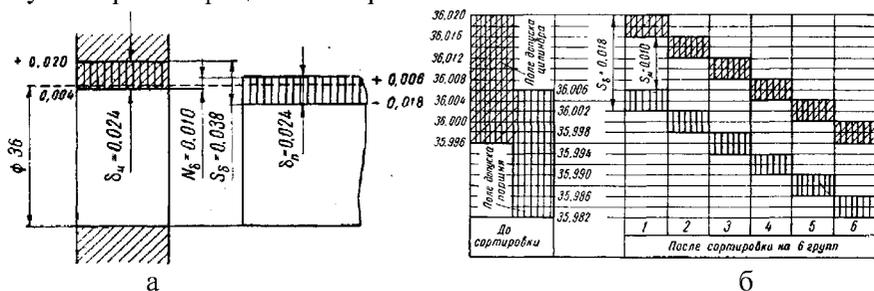


Рисунок 3.3.4.2.9 Действительные размеры сопряжения цилиндр-поршень:

а) до сортировки; б) в результате сортировки

Для смазки подшипников отвинчивают крышки электродвигателя, разбирают его и вынимают ротор с подшипниками, промывают их в бензине (при необходимости заменяют), затем смазывают и собирают. Подшипники качения смазывают 1 раз в 6 месяцев жировым солидолом марки Т или универсальной среднетемпературной смазкой УС-3. Если агрегат расположен в помещениях с высокой температурой (более 30°C), то смазывают жировым консталином марки М или универсальной тугоплавкой смазкой УТ-1. Подшипники скольжения смазывают 1 раз в 3 месяца маслом марки «Веретенное-2» или «Индустриальное-12».

Цилиндр является одной из главных частей компрессора. Рабочее состояние зеркала цилиндра определяет объемные и энергетические характеристики компрессора. Диагностика цилиндра включает

проверку состояния зеркала. Оно должно быть зеркально-гладким. Изнашивание цилиндра происходит за счет истирающего действия поршневых колец. Интенсивность изнашивания усиливает рост давления сжатия паров хладагента в цилиндре компрессора. Рост усилия на стенку цилиндра компрессора сдувает масляную пленку и понижает вязкость масла вследствие повышения температуры в конце сжатия. Кривая нарастания износа вдоль образующей цилиндра представлена на рисунке 3.3.4.2.10.

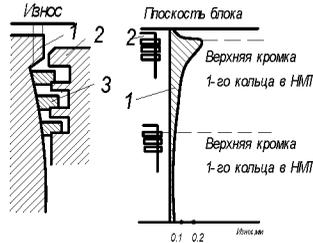


Рисунок 3.3.4.2.10 Кривая износа цилиндра компрессора: ВМТ, НМТ – верхняя и нижняя мертвые точки; 1 – стенка цилиндра; 2 – поршень; 3 – поршневое кольцо

Давление поршня на стенки цилиндра компрессора изменяют также монтажные или ремонтные перекосы шатуна или поршня. Цилиндр приобретает по высоте форму неправильного конуса, а в поперечном сечении – форму овала. Если детали или отдельные их элементы невозможно восстановить до прежних размеров либо процесс восстановления экономически нецелесообразен, то ремонт детали производят способом ремонтных размеров (рис. 3.3.4.2.11). Наиболее часто этот способ применяют для сопрягаемых деталей типа вал – втулка.

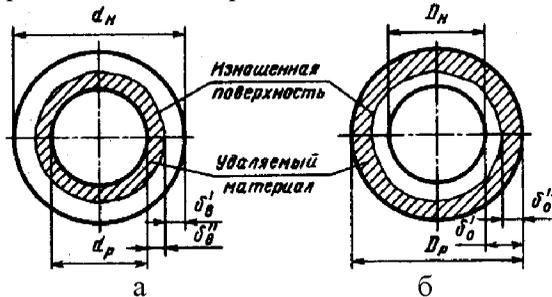


Рисунок 3.3.4.2.11 Схемы определения ремонтных размеров поверхностей по результатам контроля износа вала (а) и втулки (б)

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

$$d_{pn} = d_n - 2n_e(\delta'_e + \delta''_e)$$

где d_n – номинальный диаметр вала новой детали, мм; n_e – порядковый номер ремонтного диаметра вала; δ'_e – допустимый износ вала (на радиус) за межремонтный период, мм; δ''_e – припуск на механическую обработку вала за один ремонт (на радиус), мм.

Ремонтный интервал диаметра вала

$$\gamma_e = 2(\delta'_e + \delta''_e)$$

При определении ремонтного размера отверстия учитывают, что отверстие при ремонте увеличится. Ремонтный размер отверстия

$$D_{pn} = D_n + n_0\gamma_0,$$

где D_n – номинальный диаметр отверстия новой детали, мм; n_0 – порядковый номер ремонтного размера отверстия; γ_0 – 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.

Число ремонтных размеров определяют по формулам для вала для отверстия

$$\begin{cases} n_{pe} = \frac{d_n - d_{\min} - 2\delta'_e}{\gamma_e} \\ n_0 = \frac{D_n - D_{\min} - 2\delta'_0}{\gamma_0} \end{cases}$$

При определении ремонтных размеров поверхностей по результатам контроля износа (рис. 3.3.4.2.11) под δ'_e и δ'_0 понимают предельные (максимальные) фактические значения износа вала (отверстие) на радиус за межремонтный период; δ''_e и δ''_0 – минимально необходимые значения припуска на механическую обработку вала (отверстие) на радиус за один ремонт. При ремонте одной и изготовлении другой сопрягаемых деталей следует учитывать допуски на размер, определяющие характер посадки в сопряжении.

Способ ремонтных размеров применяют для самых различных сопряжений. Например, при ремонте шестеренных масляных насосов вместо установки компенсационных втулок можно расточить корпус под ремонтный размер, изготовив новые шестерни. Ремонтные размеры можно применять для резьбовых соединений, где при износе увеличивают внутренний диаметр резьбы гайки, а винты заменяют новыми. В частности, подобным образом ремонтируют корпусные детали с резьбовыми отверстиями. Ремонтные размеры цилиндров компрессоров приведены в таблице 3.3.4.2.1.

Таблица 3.3.4.2.1 Ремонтные размеры цилиндров компрессоров

Показатель	Размер
Номинальный диаметр, мм	67,5 ^{+0,03}
Предельно допустимый диаметр без ремонта, мм	67,625
Ремонтные размеры, мм	
Первый	68,5 ^{+0,03}
Второй	69,5 ^{+0,03}
Третий (гильзование)	67,5 ^{+0,03}
Овальность и конусность допустимые по чертежам	0,015
допустимые без ремонта, мм	0,06

Диагностика поршня включает этап проверки центровки поршня в цилиндре путем измерения радиальных зазоров и определения изменения его основных размеров. Износ поршня уменьшает его наружный диаметр, увеличивает ширину кольцевых канавок и диаметр бобышек поршневого пальца. 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. Уменьшение диаметра поршня на 0,05 мм, увеличение размера канавок под поршневые кольца по высоте на 0,04 мм требуют его выбраковки. Изношенное более 0,015 мм отверстие под палец в поршне растачивают и запрессовывают втулку. Допустимые величины износа поршней компрессоров различных марок приведены в таблице 3.3.4.2.2.

Таблица 3.3.4.2.2 Величины износа поршней компрессоров

Показатель	Размер
Диаметр отверстия под палец, мм: номинальный; допустимый (без ремонта)	20 ^{+0,023} 20,033
Диаметр наружной поверхности, мм: номинальный; допустимый (без ремонта)	68,5 ^{+0,03} 67,28
Высота канавки поршневых колец, мм: номинальная; допустимая	67,4 ^{-0,03} -0,06 67,28

Таблица 3.3.4.2.3 Средние ресурсы сопряжений деталей, тыс. ч

Сопряжения трущихся деталей	Ход поршня, мм		
	130	70	50
Гильза—поршень	25	40	60
Кольцо компрессионное (маслосъемное)	5	20	45
Втулка шатуна — палец	15	20	20
Бобышка поршня (чугунного) — палец	25	—	—
Вкладыш шатуна—вал	15	20	30
Пластина нагнетательного клапана	—	15	10

Поршневые пальцы являются ответственными деталями в сопряжении поршня с шатуном и работают в тяжелых условиях. Палец и поршень в процессе работы компрессора нагреваются, а так как коэффициенты линейного расширения материалов этих деталей различны, то и зазоры в этом сочетании изменяются. Это приводит к тому, что при знакопеременных нагрузках в деталях этого узла возникают дополнительные ударные нагрузки. Ударные нагрузки могут достигать таких значений, при которых происходит отрыв шатунных болтов.

Пальцы изготавливают из сталей 20, 15Х, 20Х, 12ХНГА, 13ХНЗА с цементацией на глубину 1,0–1,5 мм и закалкой до твердости 59–63 HRC_0 . Технологию ремонта поршневых пальцев определяют после осмотра и измерения их размеров, а также измерения сопрягающихся с ними поверхностей отверстий втулок верхней головки шатуна и отверстий под поршневые пальцы. Палец заменяют новым, если отклонения формы на рабочих поверхностях превышают $(d/1000) + 0,05$ мм (где d – диаметр пальца).

Разностенность допускается не более 0,5 мм для пальцев с наружным диаметром до 80 мм и не более 0,8 мм – с наружным диаметром более 80 мм. При осмотре во время технического обслуживания и ремонта у некоторых машин поршневые пальцы не имеют фасок или имеют их с одной стороны. Наличие острых кромок может вызвать срезание отогнутых концов стопорных колец, фиксирующих палец в поршне. Это приводит к задирам на зеркале цилиндра и выходу пальца из бобышки поршня, что, в свою очередь, увеличивает повреждение зеркала цилиндра.

Шатунные болты относятся к самым ответственным деталям компрессора. В результате их разрыва происходят тяжелые аварии, так как сильные удары колена вращающегося вала по неподвижному после обрыва болтов шатуна вызывают его изгиб, повреждение вала, а иногда и разрушение корпусных деталей (блок-картеров и цилиндров), выход компрессора из строя.

Основной причиной обрыва шатунных болтов является усталость металла в результате действия переменных нагрузок вследствие больших зазоров в шатунных подшипниках, увеличенной овальности шеек коленчатого вала; нарушения затяжки гаек. Перечисленные выше дефекты болтового соединения возникают как при изготовлении шатунных болтов, так и при монтаже и эксплуатации. В связи с этим

предъявляются высокие требования к технологической дисциплине на этих этапах. Болты вместе с гайками должны иметь маркировку с указанием марки стали и первоначальной длины болта, измеренной с точностью 0,01 мм. При затяжке болтов следует иметь в виду, что на прочность болта влияет поверхностное давление, возникающее в целом по стержню или в отдельных его местах при тугой посадке болта. Гайки должны затягиваться, как правило, одним человеком с определенным усилием на ключе в соответствии с инструкцией завода. На каждый болт необходим паспорт, в котором указаны первоначальная длина болта и его удлинение, установленное при ремонте. Удлинение болтов регламентируется заводом-изготовителем для компрессора определенного типа. Упругое удлинение шатунных болтов из малоуглеродистой стали должно составлять 0,0038, а для болтов из легированных сталей – 0,044 первоначальной длины болта. При превышении указанных пределов остаточных удлинений болт бракуют и заменяют новым.

Следует отметить, что на предприятиях, изготавливающих и эксплуатирующих компрессоры, удлинение болтов не измеряют, что является серьезным нарушением правил технического обслуживания. В процессе технического обслуживания и ремонта производят контроль целостности тела болта и резьбы.

Выявление рисок, забоин, острых переходов, подрезов осуществляется с помощью лупы 5-кратного увеличения. Мелкие трещины выявляют с помощью дефектоскопического контроля магнитным, цветным или ультразвуковым методом.

Микротрещины выявляют с помощью керосина, раствора мела или краски «Судан IV». Для этого поверхность детали (болта) надо промыть бензином, вытереть насухо и нанести на нее кистью или пульверизатором слой подкрашенной жидкости. Красный раствор готовят из 15 г краски «Судан IV», размешанной в 1 л растворителя, состоящего из 80% керосина и 20% скипидара. Через 8–10 минут жидкость под действием капиллярных сил проникнет во все даже самые мельчайшие трещины.

После этого деталь промывают 5%-ным содовым раствором и вытирают насухо. Затем на сухую поверхность наносят тонкий слой белой краски, состоящей из 350 граммов мела, растворенного в 1 л жидкости (60% воды и 40% спирта). Там, где на белой поверхности появятся красные полосы, тонкие штрихи, находятся трещинки.

Успешная работа компрессора возможна при условии постоянной герметичности рабочего пространства цилиндра. В связи с этим контролю их в процессе технического обслуживания следует уделять большое внимание.

Компрессионные и маслосъемные поршневые кольца ремонту не подлежат, а при износе заменяются новыми. Кольцо заменяют новым также при замене поршня после расточки цилиндра, и после расточки поршневых канавок при ремонте поршня.

Простая геометрическая форма компрессионных колец прямоугольного сечения (рис. 3.3.4.2.12а) отвечает требованиям уплотнения при нормальных условиях эксплуатации. Более совершенной масляной пленки, необходимой для смазывания, можно добиться введением колец с бочкообразной рабочей поверхностью. Бочкообразная форма рабочей поверхности вследствие действия присущего ей масляного клина обеспечивает оптимальное распределение масла по ходу поршня, исключает вероятность давления кромкой кольца и разрыва масляной пленки при перекосе поршня (рис. 3.3.4.2.12б).

Другим преимуществом бочкообразной формы поверхности является то, что в первоначальный период контакт рабочей поверхности кольца происходит по линии, благодаря чему сокращается процесс приработки. Компрессионные кольца с конической рабочей поверхностью (рис. 3.3.4.2.12в) уменьшают время приработки, а с конической торцевой поверхностью (рис. 3.3.4.2.12г) предотвращают опасность «залегания» колец.

Кольца с внутренней фаской или внутренней выточкой (рис. 3.3.4.2.12д–е) благодаря одностороннему изменению поперечного сечения при установке в цилиндр приобретают тарельчатую форму и соответственно образуют или усиливают коническую рабочую поверхность по отношению к цилиндру. Компрессионные кольца *L*-образной формы (рис. 3.3.4.2.15ж) надежны в условиях вибрации высокооборотных компрессоров.

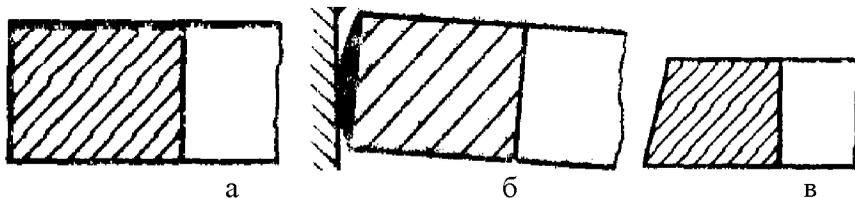




Рисунок 3.3.4.2.12 Компрессионные кольца:

- а) прямоугольного сечения; б) бочкообразного сечения; в) с конической рабочей поверхностью; г) с конической торцовой поверхностью; д) с внутренней фаской; е) с внутренней выточкой; ж) L-образное

Скребокное маслосъемное кольцо (рис. 3.3.4.2.13а) благодаря кольцевой проточке деформируется подобно кольцу с внутренней фаской или с внутренней выточкой, в результате чего кромка скребка плотно прилегает к стенке цилиндра. Кольцо с дренажными окнами и двумя рабочими поясками (рис. 3.3.4.2.13б), торцы которых параллельны, благодаря узким пояскам обеспечивает достижение более высокого давления. Для дальнейшего повышения давления, а, следовательно, увеличения съема масла рабочие пояски снаружи имеют фаски (рис. 3.3.4.2.13в). При применении колец с односторонними, одинаково направленными фасками (рис. 3.3.4.2.13г) увеличивается съем масла по сравнению с кольцами, имеющими встречные фаски.

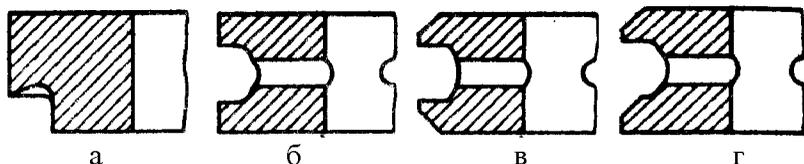


Рисунок 3.3.4.2.13 Беспружинные маслосъемные кольца:

- а) скребковое; б) с дренажными окнами; в) с встречными фасками; г) с односторонними фасками

Поршневые кольца снимают и устанавливают с помощью специальных клещей разных конструкций. Наиболее совершенными являются клещи, снабженные ограничителями развода колец, что предупреждает образование в них трещин. Для снятия или установки кольца губки щипцов осторожно вводят в зазор замка и кольцо разводят, нажимая на рукоятки до упора их в ограничитель. Процесс выявления дефектов включает в себя: снятие с поршня колец, промывку

и контроль их качества визуально (внешним осмотром), контроль всех размеров в соответствии с техническими условиями на изготовление нового кольца. Масса изношенного кольца, например, составляет менее 90% от первоначальной массы. Поршневое кольцо, имеющее трещины и задиры на рабочей поверхности кольца, требует замены новым кольцом. 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 на рисунке 3.3.4.2.14), а также между торцовыми поверхностями кольца и поршневой канавки (осевой зазор a , рис. 3.3.4.2.14). Неодинаковая толщина (разностенность) колец является причиной их неравномерного давления на стенки цилиндра. Уменьшение толщины (в наиболее изношенном месте) колец, находящихся в эксплуатации, допускается в пределах 10–20% их первоначального размера. Одним из основных факторов, вызывающих износ поршневых колец, является степень полноты прилегания колец к зеркалу цилиндра, определяющая равномерность распределения давления колец на стенки цилиндра.

Наличие просвета между ними вызывает неравномерное и форсированное изнашивание тех и других. Допустимый зазор между цилиндром и кольцом составляет 0,03–0,04 мм (по дуге в 45° не более чем в двух местах). Плотность прилегания сопрягаемых поверхностей устанавливаются по внешнему виду. Наличие на наружных цилиндрических блестящих поверхностях колец темных от нагара участков указывает на то, что в этих местах кольца не соприкасались с цилиндром. К зеркалу цилиндра кольцо прижимается не только силой упругости, но и радиально направленной силой – силой давления сжимаемого газа, проникающего в поршневые канавки. Радиальное давление, пропорциональное кубу ширины кольца, с уменьшением последней чрезвычайно быстро снижается. Упругость кольца резко снижается при износе рабочей поверхности. Блестящие места на внутренних поверхностях колец – результат ударов колец о дно канавки поршня. Большое значение для нормальной работы компрессора имеет величина и характер распределения давления кольца на зеркало цилиндра вдоль осевого периметра кольца. При недостаточном давлении не обеспечивается необходимое уплотнение поршня, в силу чего происходит вынос масла в полость нагнетания. При чрезмерном давлении быстро изнашиваются как кольца, так и зеркало цилиндра.

Давление кольца от сил упругости определяется в приспособлении (рис. 3.3.4.2.14). 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% первоначального значения при условии равномерного износа по окружности и увеличении зазора в замке в пределах установленной нормы.

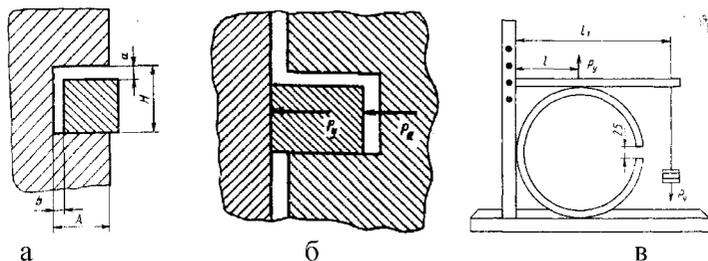


Рисунок 3.3.4.2.14 Схемы зазоров и действующих сил:

а) зазоры между канавкой и кольцом (A – глубина канавки; H – ширина канавки; a – осевой зазор; b – радиальный зазор); б) схема сил, действующих со стороны кольца на зеркало цилиндра; в) схема приспособления для проверки упругости поршневых колец

Радиальное изнашивание от трения плоскостей о стенки канавок поршня увеличивает зазор в замке и уменьшает упругость кольца. Радиальное изнашивание не бывает равномерным по контуру. Минимальный износ приходится на участок, противоположный замку, а максимальный – на участки замка. Повышенное радиальное изнашивание колец у замка происходит вследствие действия в этом месте наибольших давлений от сил упругости. Остаточная деформация кольца не должна превышать 10–12% величины зазора в свободном состоянии.

Торцы колец должны быть темными. Блеск на торцевых поверхностях появляется при их истирании и свидетельствует об износе колец по высоте. Изнашивание по высоте происходит от трения наружных поверхностей колец о канавки поршня. Отклонение от плоскостности торцов кольца допускается не более 0,08 мм. Осевой износ увеличивает зазор между кольцами и канавками поршня. Предельное значение осевого зазора – $2,5h_{н}$ мм (где $h_{н}$ – нормальный

монтажный зазор, мм). Зазор между кольцом и торцом канавки поршня должен быть менее 0,05–0,06 мм для новых колец и поршней и 0,11 мм у поршней с изношенными торцовыми поверхностями канавок. Поршневое кольцо бракуют при износе по высоте более 0,03 мм. Признаком изношенности поршневого кольца является, превышение зазора в замке кольца допустимой величины. Номинальный зазор в замке кольца составляет 0,04% от наружного диаметра цилиндра с допуском 0,1–0,2 мм в большую сторону. Увеличение зазора в замке кольца до 1% от диаметра цилиндра свидетельствует о полном износе кольца. Зазор в замке кольца в рабочем состоянии должен предотвращать смыкание кольца в замке в результате теплового расширения и не допускать потерь в результате негерметичности в этом месте. Если при осмотре торцы колец в замках оказываются натертыми до блеска, значит, они в процессе работы соприкасались и тепловой зазор недостаточен. Удары концов друг о друга приводят к быстрой их поломке. Прямой или косой (под углом 30–45°) замки просты в изготовлении, однако с течением времени и длительных сроках эксплуатации увеличиваются зазоры косого и особенно прямого замков.

Замок «внахлестку» обеспечивает более длительную эксплуатацию даже выработанного цилиндра. Тепловой зазор в замке измеряют, вложив кольцо в контрольное отверстие кольцевого калибра. Диаметр его контрольного отверстия равен номинальному диаметру цилиндра, но выполнен с допуском 1/3 допуска соответствующей посадки кольца. Кольцевой калибр кладут на поверочную плиту, закладывают в него поршневое кольцо и прижимают к плите до упора, после чего щупом измеряют тепловой зазор. Кольца подлежат замене при увеличении теплового зазора в 3–4 раза по сравнению с первоначальным зазором.

Новые кольца, изготавливаемые в основном из серого чугуна СЧ18, СЧ24, имеющего достаточные упругость и износостойкость, для проверки высоты прокатывают по канавкам поршня. 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. 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.

Параметр шероховатости наружной поверхности кольца должен составлять $R_a = 2,5$ мкм. Эта шероховатость колец и цилиндров, меньшая толщины масляной пленки, предотвращает соприкосновение трущихся деталей и возникновение сухого трения. Наружные поверхности колец с параметрами шероховатости $R_a = 2,5$ мкм обеспечивают хорошую приработку к зеркалу цилиндра. Параметр шероховатости торцовых поверхностей должен составлять 0,63 мкм. Превышение этой величины может вызвать вибрацию кольца и увеличение расхода смазочного материала до полной приработки колец. 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.

Коленчатый вал – самая ответственная деталь поршневого компрессора. Ремонт его осуществляется при капитальном ремонте компрессора. Коленчатые валы изготавливают из высококачественной углеродистой стали марок 40 и 45 или легированной стали марки 40Х из заготовок, полученных обработкой давлением. Их изготавливают также из высокопрочных чугунов, например ВЧ 50-1,5, используя в качестве заготовки отливку. Основными рабочими поверхностями коленчатого вала являются поверхности коренных и шатунных шеек.

При эксплуатации наиболее сильному изнашиванию подвержены поверхности шатунных шеек (рис. 3.3.4.2.15). Изнашивание усиливается вследствие повышенных механических скоростных нагрузок, а также наличия агрессивных сред. Вал подлежит обязательному ремонту, если отклонение формы, а также биение шеек превышает допустимые значения, глубина задиров на шейках более 0,1 мм, высота образовавшихся на шейках кольцевых выступов и впадин более 0,15 мм, имеются выступы и изломы на шейках. Правый (длинный)

конец вала имеет конический участок, сопрягаемый со шкивом-маховиком. Коническое сопряжение позволяет значительно лучше центрировать шкив-маховик, чем цилиндрическое сопряжение с зазором. Другие же посадки (переходные и с натягом) затрудняют или делают невозможным снятие шкива-маховика, которое производят сравнительно часто (особенно при ремонте). Значительная овальность конусного участка (дефект 5) вызывает расшатывание шкива на валу.

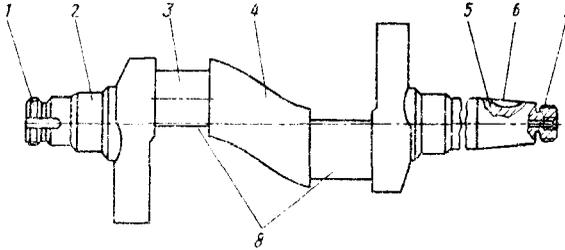


Рисунок 3.3.4.2.15 Схема расположения дефектов коленчатого вала:
 1 – повреждение резьбы; 2 – изменение формы диаметрального размера, задиры на коренных шейках; 3 – изменение формы диаметрального размера, задиры на шатунных шейках; 4 – искривление оси вала; 5 – изменение формы, задиры на посадочной поверхности под шкив; 6 – смятие шпоночного паза; 7 – повреждение резьбы;
 8 – трещины шатунных шеек

Диагностика коленчатого вала включает измерение степени износа шеек вала и степени его биения, выявление деформаций и трещин. Износ шеек коленчатого вала проявляется в уменьшении их диаметра и искажении формы. Большие отклонения от цилиндрической формы коренных и шатунных шеек (дефекты 2 и 3) ускоряют износ подшипников качения и вкладышей нижних головок шатунов. Значительная овальность сальникового участка вала нарушает герметичность сальников. Неравномерный износ шеек вала объясняется действием переменных нагрузок, упругой деформацией вала и различием в условиях смазки всей поверхности шейки. Кроме того, возможно повреждение сопрягаемых поверхностей образующимися рисками, вмятинами, раковинами. Эти повреждения являются следствием дефектов в подшипниках или загрязнения смазочного масла. Деформацию вала вызывает перегрузки, возникающие от гидравлического удара. Трещины и изломы появляются главным образом в мес-

тах с повышенной концентрацией напряжений. Ремонтные размеры коленчатых валов компрессоров приведены в таблице 3.3.4.2.4.

Таблица 3.3.4.2.4 Ремонтные размеры коленчатых валов

Показатель	Размер
Шейка коленчатого вала коренная, мм	$35^{-0,003}$ (номинальный)
Шейка коленчатого вала шатунная, мм	$42^{-0,025}_{-0,050}$ (номинальный)
	$41^{-0,025}_{-0,050}$ (первый ремонтный)
	$40^{-0,025}_{-0,050}$ (второй ремонтный)
	$39^{-0,025}_{-0,050}$ (третий ремонтный)

Признаком износа подшипников является возникновение прерывистого шума при его работе и падение давления масла. При осмотре изношенных подшипников на рабочих поверхностях шариков, роликов, беговой дорожки кольца обнаруживаются глубокие риски и следы выкрашивания металла. В результате износа подшипника качения увеличивается радиальный зазор в рабочей паре, образуя люфт между телами и дорожкой качения. Износ подшипника вызывает утечку масла и нарушение жидкостного трения.

Тонкостенные вкладыши подшипников заменяются в том случае, если установлено, что зазор в сопряжении превышает допустимое значение. Замену изношенных вкладышей производят вкладышами ремонтных размеров. При этом зазор в подшипниках обеспечивается за счет шлифования вала под ремонтный размер. Вкладыши заменяются новыми попарно, без подгоночных операций. Установка прокладок между вкладышами и постелями шатуна или крышки недопустима, так как при этом нарушается перпендикулярность осей вала и цилиндра и ухудшается отвод тепла от подшипника к телу шатуна. Изношенные подшипники качения заменяют новыми.

При текущем ремонте компрессоры разбирают в объеме, обеспечивающем устранение неисправностей. Для их разборки используют стенд 8738 (рис. 3.3.4.2.16а). Компрессор, подлежащий разборке, устанавливают на поворотный стол и фиксируют двумя резьбовыми прихватами. Стол можно поворачивать в горизонтальной плоскости на 360° и в вертикальной на 270° , обеспечивая доступ ко всем деталям компрессора. Комплектующие элементы подвергаются обмеру (рис. 3.3.4.2.16б).

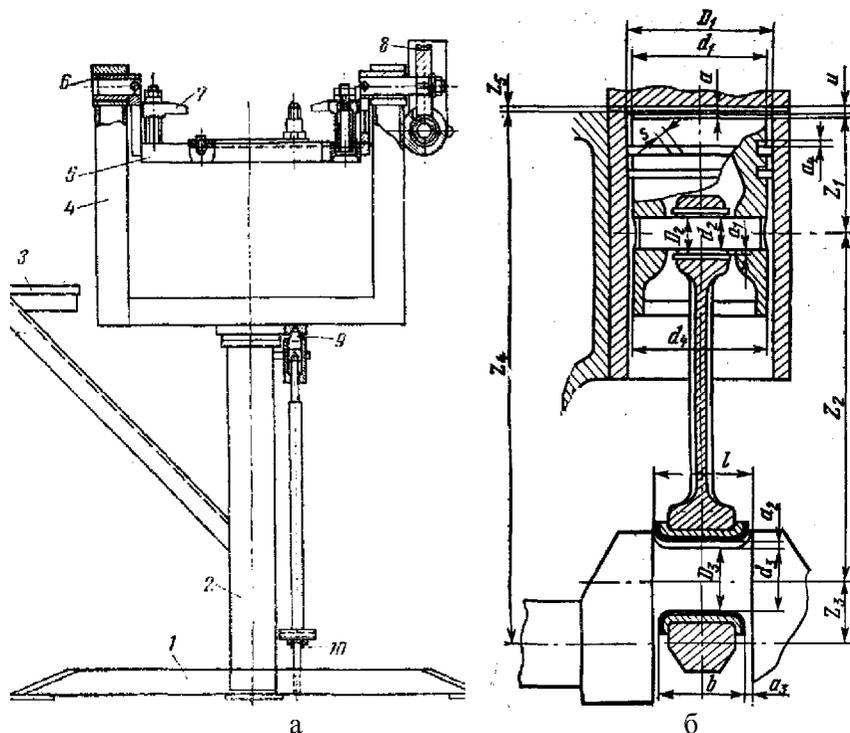


Рисунок 3.3.4.2.16 Технологическое оснащение ремонтных работ:
 а) стэнд для разборки и сборки компрессоров (1 – основание; 2 – колонна; 3 – стол для инструмента; 4 – кронштейн; 5 – плита; 6 – подшипниковый узел; 7 – прихват; 8 – редуктор; 9 – фиксатор; 10 – педаль); б) схема обмера шатунно-поршневой группы (D_1, D_2, D_3 диаметры цилиндра и вкладышей подшипников; d_1, d_2, d_3, d_4 – диаметры поршня, пальца, шейки вала, юбки поршня; a_1, a_2, a_3, a_4 – зазоры; s – тепловой зазор в замке поршневого кольца; z_1 – расстояние между торцом головки поршня и осью поршневого пальца; z_2 – расстояние между осью поршневого пальца и осью шатунной шейки вала; z_3 – радиус кривошипа; z_4 – расстояние между осью коренной шейки вала и верхним торцом цилиндра; z_5 – толщина прокладки между блоком цилиндров и крышкой; u – лишнее защемленное пространство)

Определение технического состояния компрессора, а также обкатку его после замены движущихся частей при текущем ремонте проводят на стенде типа 8765 (рис. 3.3.4.2.17). Обкатку компрессоров проводят на холостом ходу и под нагрузкой. Снизить продолжительность обкатки и улучшить качество приработки компрессора можно, используя стенды типа ОР-9122 с циркуляционной системой смазки, обеспечивающей температуру масла на входе более 30°C и на выходе из компрессора не выше 70°C.

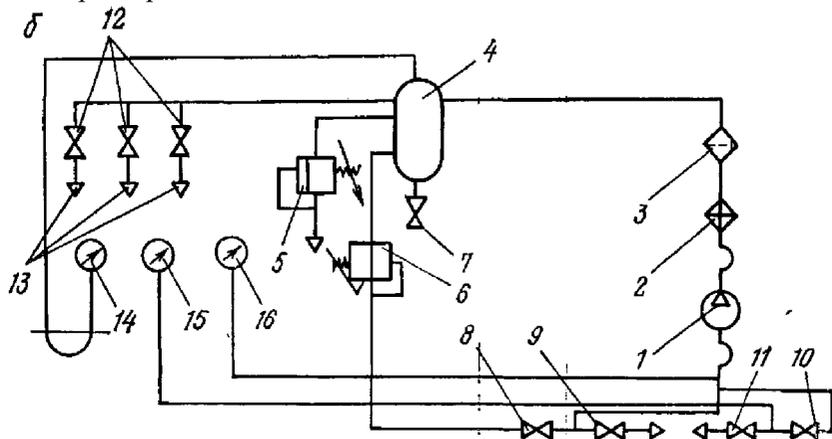


Рисунок 3.3.4.2.17 Пневматическая схема обкаточного стенда:

1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – влагоотделитель; 4 – емкость; 5 – предохранительный клапан; 7 – продувка; 6, 8 – настройка; 9 всасывание; 10 вакуум; 11 сброс вакуума; 12 вентили жиклеров; 13 – жиклеры; 14 – манометр; 15 – вакуумметр; 16 – мановакуумметр

Для оценки технического состояния компрессора могут быть использованы индикаторные диаграммы, снимаемые, например, при испытаниях поршневых компрессоров. 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. 3.3.4.2.18).

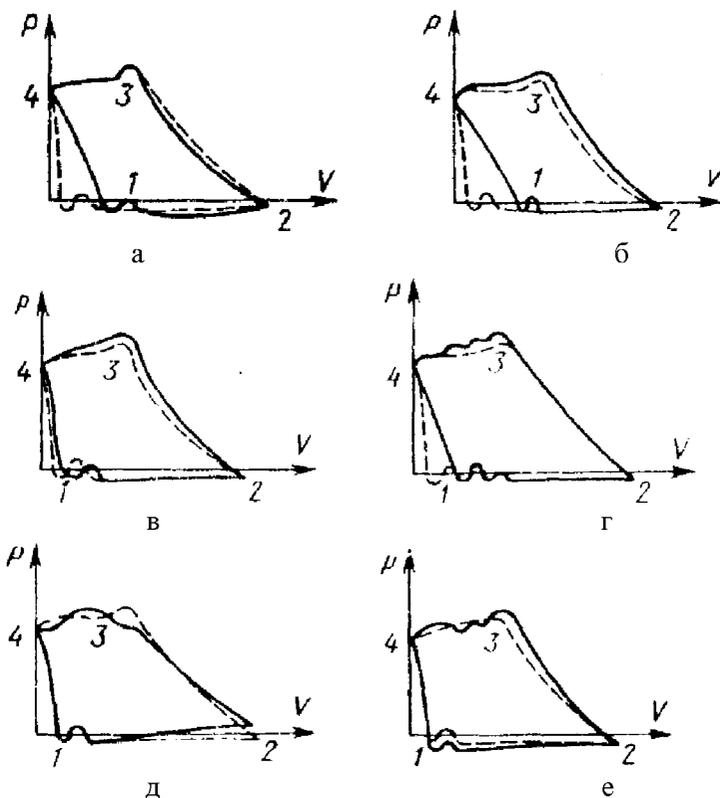


Рисунок 3.3.4.2.18 Фактическая (сплошная линия) и нормальная диаграммы:

- а) увеличенный заземленный 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*

Производительность компрессора ($\text{м}^3/\text{мин.}$) определяют при номинальной частоте вращения по времени заполнения воздуха баллона объемом 40 литров до давления 0,5 Мпа. Время заполнения баллона для компрессоров, например, ФУ-12 должно быть не более 15 секунд, ФВ-6 – 30 секунд, САФ-23 – 91 секунда и ФАК-0,7У – 160 секунд. Негерметичность рабочей полости компрессора позволяет воздуху пере-

текать 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 закрытых всасывающих клапанов позволяют протекать части воздуха при сжатии, а неплотности закрытых нагнетательных клапанов – во время обратного расширения и всасывания. Натекание воздуха из нагнетательного патрубка в цилиндр равносильно дополнительному увеличению защемленного объема. 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.

В зависимости от обнаруженных дефектов холодильную машину отправляют на ремонт полностью или отдельными узлами. Во всех случаях должны быть выполнены следующие требования. Отправленный в ремонт агрегат, электродвигатель или испаритель должен быть соответственно заменен оборудованием обменного фонда. Оставшийся хладагент должен быть сконденсирован в ресивере с таким расчетом, чтобы во всех частях установки оставалось небольшое избыточное давление (20–30 кПа). Для того чтобы в испарителе и трубках, если они не направляются в ремонт, осталось небольшое избыточное давление, необходимо прекратить отсасывать хладагент из испарителя при давлении 0,1.

После этого перекрывают всасывающий и жидкостной вентили агрегата, отсоединяют всасывающий и жидкостной трубопроводы и быстро ставят на них заглушки. Выделившийся из масла хладагент создает необходимое избыточное давление внутри испарителя. Чтобы предотвратить возможность попадания в систему влаги из окружающей среды, на местах соединений должны быть установлены заглушки. Оборудование должно отправляться в ремонт в специальной таре, обеспечивающей полную сохранность его в пути.

Концы электропроводки следует изолировать, а магнитный пускатель – обесточить. Вместе с оборудованием отправляют дефектный акт. Средний и капитальный ремонты малых холодильных машин производят в специально оборудованных цехах или мастерских. Схема ремонта холодильных установок на специализированных ремонтных предприятиях показана на рисунке 3.3.4.2.19.

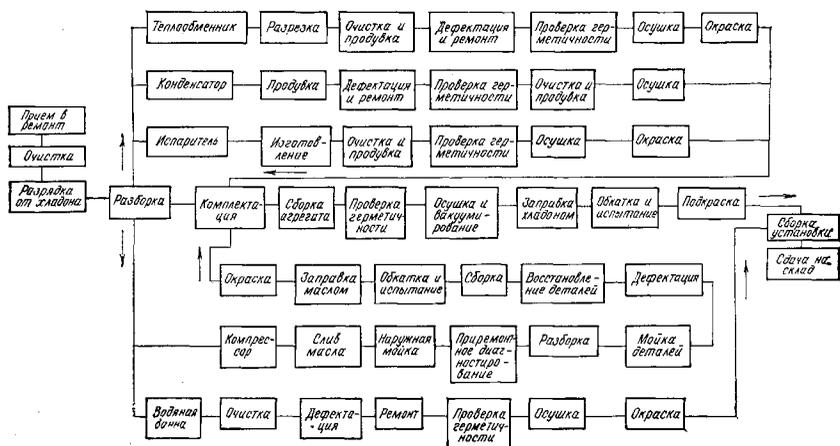


Рисунок 3.3.4.2.19 Технологическая схема ремонта холодильного оборудования

Технологический процесс капитального ремонта холодильных агрегатов включает:

- наружную мойку;
- разрядку от хладона (при необходимости);
- разборку на составные части; очистку наружных поверхностей составных частей от загрязнений и старой краски;
- очистку внутренних поверхностей испарителя, конденсатора, ресивера, теплообменника;
- дефектацию узлов и деталей; ремонт компрессора, электродвигателей, водяного насоса, испарителя, конденсатора, ресивера, теплообменника, приборов автоматики и пульта управления;
- обезжиривание и сушку внутренних поверхностей теплообменных аппаратов; сборку холодильного агрегата;
- проверку холодильного агрегата на герметичность; вакуумирование, заправку хладоном, обкатку и испытание, окраску холодильного агрегата.

Ремонтное предприятие должно быть оснащено универсально-фрезерным, поперечно-строгальным, вертикально-сверлильным станками, электропечью для термообработки деталей, тележками и подъемно-транспортными приспособлениями, набором универсального и специального инструмента и оснастки.

3.3.4.3 Приборы контроля и автоматики

Значительный объем работ при ремонте холодильных систем приходится на установку запорной и регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Запорные вентили могут присоединяться к трубопроводам накидными гайками, фланцами, пайкой и сваркой. Ремонтникам рекомендуется избегать применения запорной арматуры на накидных гайках, так как соединение со временем ослабляется и при эксплуатации гайки приходится постоянно подтягивать. Общее требование к монтажу вентилей таково, что штоком вниз их устанавливать запрещено. Это продиктовано безопасностью в эксплуатации, чтобы остатки холодильного агента и масла не пролились на ремонтника. Шаровый запорный вентиль при пайке с медной трубой оборачивают влажной тряпкой. Пайку вентиля (рис. 3.3.4.3.1а) можно производить только в открытом положении. Для фреонового шарового вентиля направление потока среды имеет значение. Сальник закрывается резьбовой крышкой, ее часто заедает, поэтому на ней есть шлицы под ключ. Шток выполнен четырехгранным и его крутят рожковым гаечным ключом. Мембранный запорный вентиль перед пайкой, чтобы не повредить мембрану, разбирают рожковым гаечным ключом. Сальником вниз устанавливать запрещено. При монтаже необходимо учесть расстояние, необходимое для снятия крышки. Вентиль для ревизии разбирают со стороны сальника. Его крепят винтами с шестигранными головками. Обратные вентили имеют аналогичные требования по монтажу, так как выполнены в корпусах обычных запорных вентилей. Однако пространственные положения больше ограничены. Вентили устанавливают штоком вверх (рис. 3.3.4.3.1б).

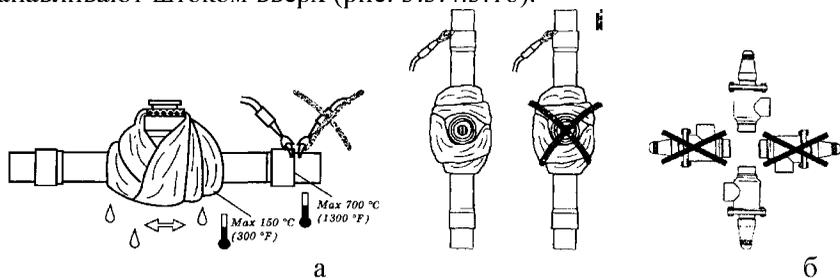
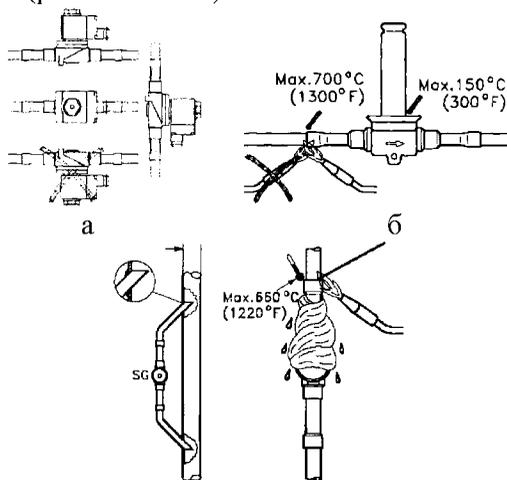


Рисунок 3.3.4.3.1 Установка вентилей:

а) шарового вентиля *GBC*; б) обратного вентиля *SCH*

При пайке или сварке соленоидного вентиля катушку снимают, вентиль устанавливают в соответствии с направлением, указанным на корпусе стрелкой. Устанавливать вентиль катушкой вниз запрещено. Соленоидные вентили для фреоновых систем выполняют под пайку и бортовку с медными патрубками. Вентили выполняют нормально закрытыми и нормально открытыми, то есть закрытый вентиль имеет опущенный шток при отсутствии напряжения на катушке.

При пайке и сварке к корпусу вентиль оборачивают влажной тряпкой. При наличии фланцев их снимают, приваривают к ним трубопроводы, а затем монтируют вентиль к фланцам. При этом вентиль (рис. 3.3.4.3.2а) не нагревается и оборачивать его тряпкой нет необходимости. Смотровые глазки выпускают для фреоновых систем под пайку и бортовку с медными или латунными патрубками. Их при пайке оборачивают влажной тряпкой, не допуская попадания влаги вовнутрь, так как обычно в глазке стоят индикаторы влаги. Для того чтобы не применять дорогостоящий глазок при больших диаметрах трубопровода, достаточно врезать сбоку в середине трубы глазок диаметром 6 мм (рис. 3.3.4.3.2б).



В

Рисунок 3.3.4.3.2 Монтаж элементов холодильного контура:
а) пространственные положения, допустимые при монтаже соленоидного вентиля EVR ;б) режимы пайки; в) монтаж смотрового глазка

Фильтры для фреоновых систем выполняют функцию осушителя. Они производятся под пайку с медными патрубками и на накидных гайках, со сменными патронами или герметично запаенные. При пайке фильтры оборачивают влажной тряпкой, не допуская попадания внутрь влаги. Фильтры со сменными вставками при пайке разбирают. Для этого вскрывают крышку, закрепляемую винтами, и вынимают патрон. Для всех фильтров в холодильной технике имеет значение направление потока, поэтому их монтируют в соответствии со стрелками на корпусе. Крышкой вниз устанавливать запрещено. Обратные клапаны производят для фреоновых систем под пайку (клапан имеет медные патрубки) и под бортовку. Для обратного клапана указано направление течения среды стрелкой на корпусе. Припаиваемые клапаны обматывают влажной тряпкой.

Присоединение фреоновых терморегулирующих вентилей может быть комбинированным: один патрубок – на накидной гайке, второй – на пайке. Термобаллон вентиля устанавливают только в горизонтальном положении (рис. 3.3.4.3.3а). Терморегулирующий вентиль монтируют с учетом направления движения среды, указанного на корпусе стрелкой. Терморегулирующий вентиль большой мощности состоит из корпуса вентиля, дюзы и верхней части, которую крепят к корпусу четырьмя винтами с внутренним шестигранником. Для разборки требуются шестигранные ключи.

Регулировка терморегулирующего вентиля производится регулировочным штоком. При протечке сальника течь временно может быть перекрыта затяжкой колпачка. При пайке и сварке верхняя часть терморегулирующего вентиля снимается.

Капиллярную трубку к термобаллону прикрепляют без контакта с металлическими частями, так как при вибрации трубка может истереться и потерять герметичность. Рекомендуется прокладывать капиллярную трубку поверх изоляции пластиковыми стяжными хомутами либо в месте крепления другим способом, обматывать трубку предохранительным слоем.

Терморегулирующий вентиль устанавливается выше по потоку от испарителя на жидкостном трубопроводе. При этом капсула крепится на магистрали всасывания, как можно ближе к испарителю. Капсула должна контролировать температуру перегретого пара на линии всасывания, поэтому устанавливать ее нужно таким образом, чтобы избежать влияния на нее посторонних источников тепла и

холода или имеющих значительную массу (рис.3.3.3б). Если есть опасность попадания на капсулу потока горячего воздуха, ее нужно теплоизолировать.

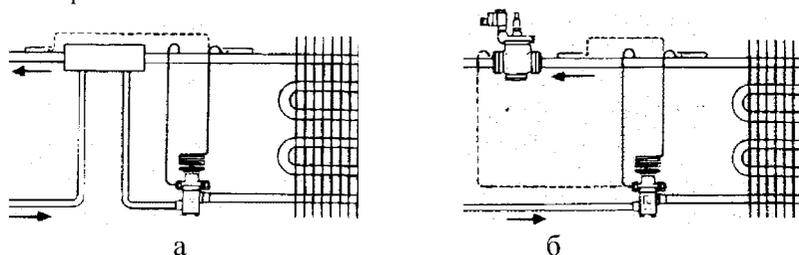


Рисунок 3.3.4.3.3 Установка термобаллона:

а) перед теплообменником; б) вдали от агрегатов, имеющих значительную массу

На вертикальных участках трубопроводов термобаллон располагать запрещено (рис. 3.3.4.3.4а). Термобаллон всегда лучше устанавливать на горизонтальном участке трубопровода. Однако если имеется лишь возможность закреплять термобаллон термовентилем на вертикальном участке, то в этом случае всегда следует капиллярную трубку подводить к термобаллону сверху (рис. 3.3.4.3.4б), чтобы помешать жидкости (если она находится в термобаллоне) стекать под действием силы тяжести в управляющую полость терморегулирующего вентиля.

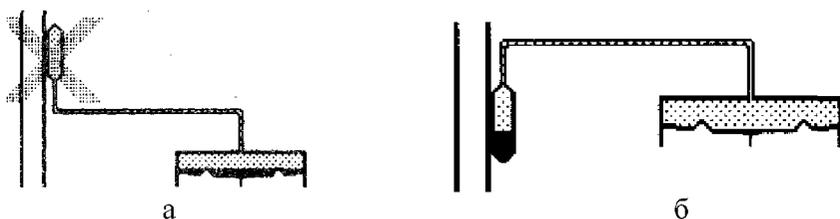


Рисунок 3.3.4.3.4 Расположение термобаллона:

а) недопустимый; б) допустимый

При этом необходимо предотвратить поступление жидкости во всасывающий трубопровод, так как оно может привести к повреждению компрессора. Такое расположение термочувствительного патрона исключает влияние температуры частиц жидкости, выбрасываемых

мых во всасывающий трубопровод, и слоя масла, поступающего из испарителя в компрессор. Монтаж патрона (рис. 3.3.4.3.5а) снизу всасывающего трубопровода нарушает это условие. Капиллярная трубка, выходящая из чувствительного патрона, должна быть выведена кверху от него, над трубопроводом, а не идти параллельно. Она не должна касаться поверхности всасывающей трубки. Нужно проследить также за тем, чтобы были исключены резкие изгибы капиллярной трубки (рис. 3.3.4.3.5б). Электронные терморегулирующие клапаны монтируют аналогично, но вместо термобаллона и уравнивающей трубки на выходе из испарителя в том же порядке закрепляют термодатчик и датчик давления от блока управления терморегулирующего клапана.

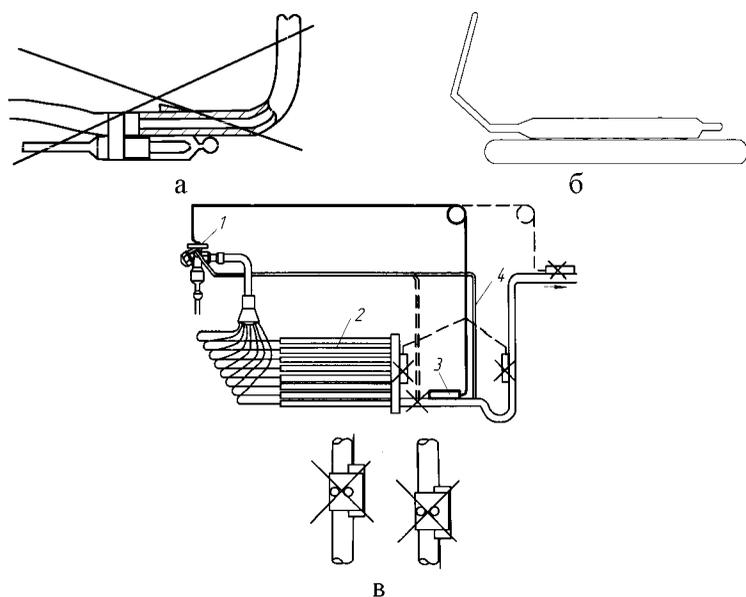


Рисунок 3.3.4.3.5 Запрещенные способы крепления термобаллона

Прибор (рис. 3.3.4.3.6а), должен занимать правильное место относительно испарительной системы. Основное условие – температура термочувствительного патрона (5) должна быть ниже температуры верхней части корпуса вентиля (3) (мембраны). С учетом этого требования прибор лучше поместить в зоне относительно более высокой температуры (например, над испарителем). Корпус терморегулирую-

щего вентиля должен быть расположен вертикально – капиллярной трубкой вверх, а, соответственно, регулировочным винтом вниз (рис. 3.3.4.3.6б). Допускаемый угол отклонения составляет $45\text{--}50^\circ$. Если установка оборудована регенеративным теплообменником, то патрон устанавливают между ним и испарителем. У места ввода термобаллона оставляют два-три свободных витка капилляра, обеспечивая возможность выемки термобаллона (рис. 3.3.4.3.6в).

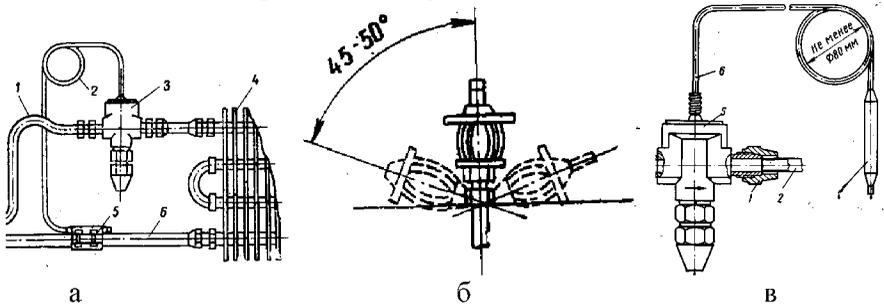


Рисунок 3.3.4.3.6 Расположение термобаллона:

а) схема (1 – жидкостный трубопровод; 2 – капиллярная трубка; 3 – корпус прибора; 4 – испаритель; 5 – чувствительный патрон); б) допустимое отклонение; в) свободные витки капиллярной трубки

Термочувствительный баллончик закрепляют на ровном и гладком, зачищенном наждачной бумагой до металлического блеска, участке всасывающего трубопровода. Если всасывающий трубопровод стальной, то его следует покрасить алюминиевой краской для предотвращения коррозии и обеспечения удовлетворительного контакта баллона с трубопроводом.

Отсутствие хорошего теплового контакта с трубопроводом нарушает стабильность работы терморегулирующего вентиля. Поэтому баллончик и трубопровод прочно стягивают специальным металлическим хомутиком зажимными болтами. Крепежный хомут термобаллончика должен быть затянут до предела таким образом, чтобы монтажник не смог рукой повернуть вокруг трубы хомут вместе с термобаллончиком. Использование бечевки, электропровода, лейкопластыря, проволоки для крепления термобаллончика запрещается, главным образом, из-за температурных деформаций (тем больших, чем ниже может опускаться температура испарения), ослабляющих контакт между термобаллоном и трубой (рис. 3.3.4.3.7).

При этом резко возрастает вероятность возникновения гидроударов. Можно также улучшить контакт между термобаллоном и трубой с помощью специальной теплопроводной пасты, заполнив ею пустоты вдоль образующих трубы и термобаллона, что будет способствовать повышению теплопередачи.

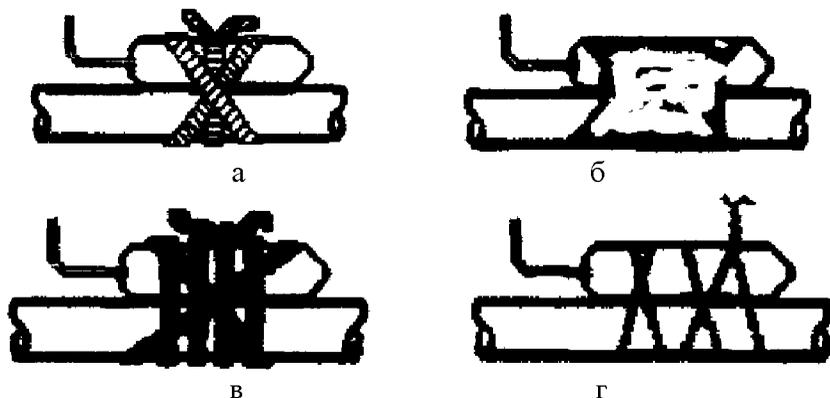


Рисунок 3.3.4.3.7 Ошибки крепления термобаллона:

а) бечевкой; б) скотчем; в) электрическим шнуром; г) проволокой

Чем больше диаметр трубы, тем ниже рекомендуется опускать термобаллон, однако никогда не устанавливая его под трубой (из-за наличия масляной пленки). 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° от вертикали, со смещением на 60° – диаметром 18–22 мм и со смещением 90° – диаметром 25–35 мм (рис. 3.3.4.3.8). Такой монтаж обеспечивает постоянное соответствие температуры газа, выходящего из испарителя и температуры термобаллона. Никогда не следует располагать термобаллон под трубой. В этом случае масло, которое возвращается в компрессор, под действием силы тяжести стекает в нижнюю часть трубопровода всасывания. Тогда термобаллон вместо того, чтобы измерять температуру газа, будет измерять температуру масла. При таком монтаже масло выступает как теплоизолирующий элемент, помещенный между термобаллоном и всасываемым газом. Например, если температура газа начнет быстро уменьшаться, он должен вначале охладить масло, и только после этого термобаллон начнет чувство-

вать падение температуры. Следовательно, время реакции термобаллона возрастает и закрытие терморегулирующего вентиля происходит с задержкой (в пределах запаздывание может даже повлечь за собой гидроудар). Чтобы защитить баллон от влияния потока циркулирующего воздуха, его изолируют материалом, не поглощающим влагу при температурах кипения выше 0°C , например губчатой резиной. При температуре кипения ниже 0°C рекомендуется применять пробку или другой материал, который не поглощает влагу и предотвращает образование льда в месте расположения термобаллона. Если клапан терморегулирующего вентиля не закрывается, то на всасывающем трубопроводе осажается большое количество конденсата. Конденсат оседает также на картере компрессора из-за поступления жидкого хладагента в компрессор. Такой терморегулирующий вентиль необходимо заменить.

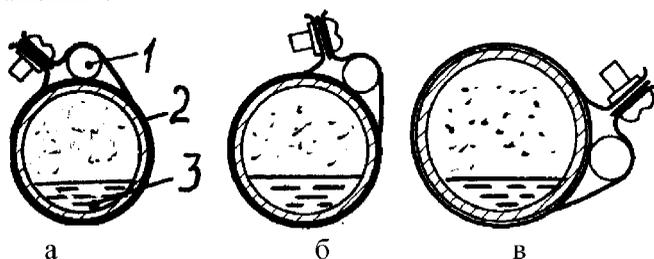


Рисунок 3.3.4.3.8 Положения термобаллона в зависимости от диаметра трубы: а) диаметр 12–16 мм (1 – термобаллон; 2 – труба; 3 – масло); б) диаметр 18–22 мм; в) диаметр 25–35 мм

Терморегулирующие вентили с внешним уравниванием имеют уравнительную линию (рис. 3.3.4.3.9). Уравнительная трубка терморегулирующего вентиля с внешним выравнением должна быть подключена к всасывающему трубопроводу после места крепления термобаллончика. Ее присоединяют после термобаллона по ходу движения холодильного агента на расстоянии не менее 100 мм. Если уравнительная трубка присоединена ко всасывающему трубопроводу до места крепления термобаллончика, последний при негерметичности сальников терморегулирующего вентиля воспринимает температуру влажного пара, прикрывает клапан терморегулирующего вентиля, что приводит к недостатку хладагента в испарителе. Терморегулирующие вентили поставляются настроенными на минимальный

перегрев. При необходимости винтом можно регулировать эту величину в пределах 2...8 С.

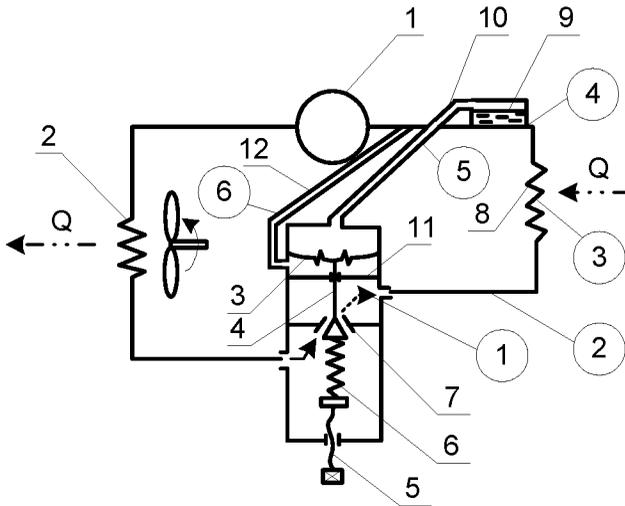


Рисунок 3.3.4.3.9 Термовентиль с внешним выравниванием:

- a) схема (1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – мембрана; 4 – шток; 5 – винт регулировочный; 6 – пружина; 7 – клапан; 8 – испаритель; 9 – термобаллон; 10 – капиллярная трубка; 11 – перегородка; 12 – трубка*

При монтаже приборов пользуются приспособлениями для развальцовки и раскатки, резки и пайки трубок. Для разделения трубы на участки применяют различные способы резки. Труборезом (рис. 3.3.4.3.10а–б) разрезают трубки диаметром от 6 до 22 мм. Для этого необходимо положить трубку на ролики (9) таким образом, чтобы режущая кромка резца (6) совпадала с предполагаемой плоскостью среза трубки. Вращением головки (1) переместить резец (6) из верхнего положения (I) в положение (II) и с усилием прижать резец к трубе. Вращать трубку или приспособление на 1,5–2 оборота (до исчезновения усилия зажима) до тех пор, пока трубка будет полностью перерезана. После этого специальным резцом снимают внутреннюю фаску. Основное требование, чтобы нож трубореза был перпендикулярен к трубе, нож не должен быть затуплен или помят. Сильно заглублять нож в металл не следует, иначе тонкостенную трубку можно даже смять. Резку необходимо проводить плавно, без излишних уси-

лий, совершая резку от себя, затем к себе, вкручивая винт на 1/2 оборота и вновь повторяя действие. После резки торцовые кромки трубы необходимо зачистить шабером или напильником. Редко медную трубу разрезают ножовкой по металлу или абразивным кругом. Оба способа не рекомендуются, так как торец трубы при таких способах резки не перпендикулярен, поэтому бортовка может получиться некачественной. Резать трубы ножовочным полотном не рекомендуется также ввиду возможности попадания опилок в систему холодильной машины. Плоскость торца обрезанной трубки должна быть перпендикулярна ее оси. Не допускаются скосы, неровности и завал краев на срезе трубки (рис. 3.3.4.3.10в). Срез тщательно зачищается тонкой наждачной бумагой, причем во время обработки трубку держат срезом вниз, чтобы исключить попадание внутрь нее пыли.

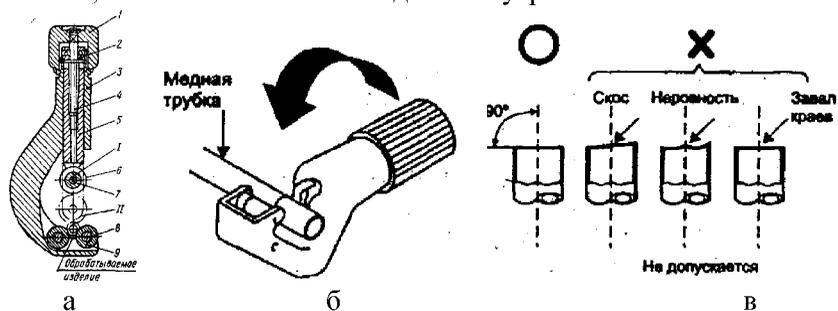


Рисунок 3.3.4.3.10 Срез соединительной трубки:

а) труборез (1 – головка; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – винт; 5 – шток; 6 – резец; 7, 8 – оси; 9 – ролики); б) направление резания; в) качественные показатели

После того, как на аккуратно обрезанную трубку надета накидная гайка, срез трубки разбортовывается (рис. 3.3.4.3.11). Для этого необходимо трубку отжечь, собрать приспособление, заложить конец трубки в соответствующее ее диаметру отверстие (выступать над плоскостью она должна на 2–3 мм) и вращением воротка зажать ее в отверстии. Затем с помощью воротка вставить конус в выступающий конец и, вращая вороток на 1/4 оборота и обратно, развальцевать конец на угол, соответствующий углу сопрягаемого конуса. Разбортованная часть должна иметь гладкую внутреннюю поверхность. Не допускаются скосы повреждения поверхности, трещины, неоднородности толщины стенок трубки.

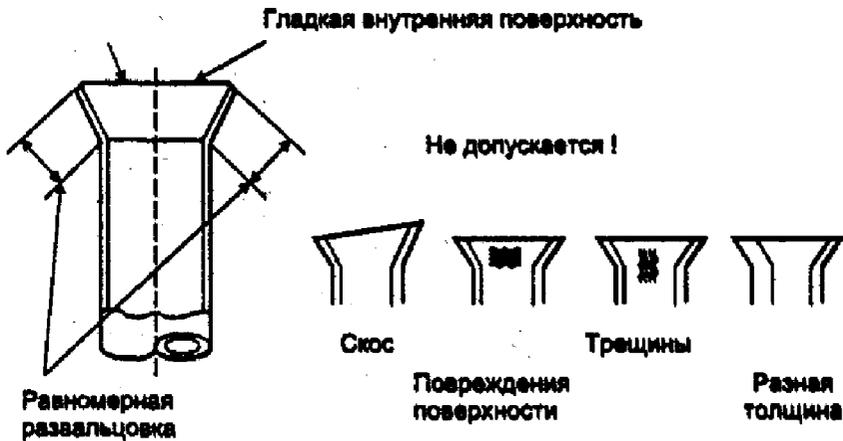


Рисунок 3.3.4.3.11 Требования к качеству разбортовки среза соединительной трубки

После разбортовки трубки производят удаление заусенцев с помощью развертки. Недопустимым является образование на трубке перегибов, которые чреваты образованием трещин. Для сгиба трубок используют специальную пружину или трубогиб (рис. 3.3.4.3.12). Трубогибочным приспособлением фирмы изгибают на угол до 240° алюминиевые и отожженные медные трубки (диаметр 4,75–16 мм) или стальные трубки (диаметр 4,75–10 мм). Конец медной трубки устанавливают между обоймой и вращающимся роликом до упора в вырез крюка. Поворачивая ручку скобы, перемещают ролик, который изгибает трубку, укладывая ее в канавку обоймы. Радиус изгиба трубки – 57 мм.

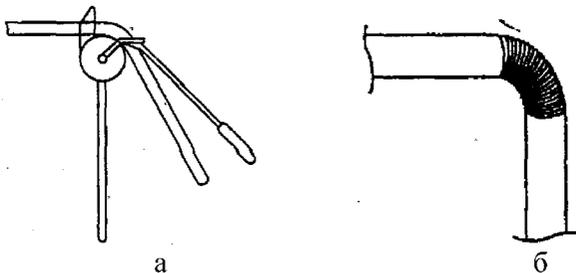


Рисунок 3.3.4.3.12 Выполнение сгиба трубки:
а) сгиб трубогибом; б) сгиб с помощью пружины

Концы сопрягаемых трубок при соединении их пайкой раскатывают с помощью приспособления (рис. 3.3.4.3.13а). В комплект приспособления входят девять сменных цанг (1), которые имеют размеры, соответствующие размерам соединяемых трубок. Для работы с ним необходимо выбрать нужный диаметр цанги (они имеют маркировку) и навернуть ее на основание (2); надеть трубку на цангу; сжать рукоятки (5) и (6). При сжатии рукояток кулачок (4) через конус (3) разведет элементы цанги таким образом, что конец трубки будет увеличен на диаметр, указанный маркировкой на цанге.

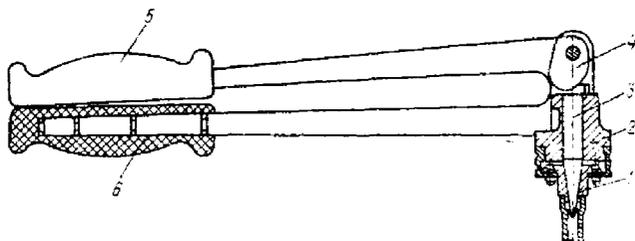


Рисунок 3.3.4.3.13 Приспособление для раскатки трубок:

1 – цанга; 2 – основание; 3 – конус; 4 – кулачок; 5–6 – рукоятки

В холодильной технике применяют паяные соединения медных трубопроводов между собой, медных трубопроводов с латунными штуцерами запорной арматуры и приборов КИПиА, медных трубопроводов со стальными трубопроводами, арматурой, бобышками. Массивные детали перед пайкой подогревают (рис. 3.3.4.3.14). Приспособление включает (рис. 3.3.4.3.10б) головку (1), которая крепится с помощью штуцера (2) к рукоятке (3); рукоятку, соединенную с резиновым рукавом (4) и через вентиль (6) с баллоном (5), содержащим пропан. Перед началом работы необходимо убедиться, что вентиль (6) находится в закрытом положении, а соединение вентиля с баллоном герметично (погружением в воду). Убедившись в герметичности соединений, необходимо поднести горящую спичку к головке (1), поворотом вентиля (6) отрегулировать пламя на нужную величину. Рукояткой (3) направить пламя на спаиваемые детали и нагреть их до нужной температуры. После пайки закрыть вентиль (6) и, когда головка (1) остынет, приспособление разобрать и уложить в футляр. Время работы приспособления с баллоном, заправленным 380 граммами пропана, составляет 3 часа.

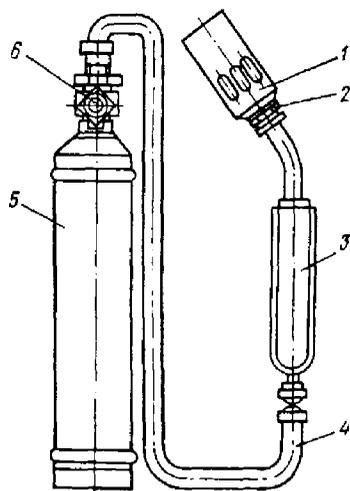


Рисунок 3.3.4.3.14 Приспособление для пайки:

1 – головка; 2 – штуцер; 3 – рукоятка; 4 – рукав; 5 – баллон;
6 – вентиль

Для пайки медных и стальных трубок применяют твердые припои, так как они обеспечивают необходимую прочность и плотность шва. Преимущественное распространение получил серебряный припой марки ПСр – 45 в виде проволоки диаметром 3 мм. Температура плавления припоя ПСр – 45 высокая (720°C), поэтому пайку производят при помощи газовой горелки (№ 0–1). Для пайки применяют флюс № 209 или флюс с фтористым калием. Флюс № 209 выпускают в виде порошка в стеклянных герметизированных банках. Рекомендуется применять флюс в виде пасты, которую следует приготовить непосредственно перед пайкой, размешивая порошок спиртом. Флюс № 209 состоит из смеси борного ангидрида (B_2O_3) – 35%, фтористого калия (KF) – 2% и фторбората калия (KBF_4) – 23%. Он обладает хорошей смачиваемостью и раскислением металлов. Флюс с фтористым калием можно составить, смешав в равных количествах по весу борную кислоту и фтористый калий. Указанные компоненты надо перемешать и разогреть горелкой, доведя до жидкого состояния. Места трубок, подлежащие пайке, должны быть тщательно очищены от краски или загрязнений, а также от старого припоя.

Пайку следует делать быстро, без излишнего разогрева трубок во избежание их пережega. Флюс вводят сразу же после разогрева до температуры 500–600° С. При пайке последнего соединения в агрегате надо немного отвернуть иглу штуцера на кожухе моторкомпрессора или держать открытой трубку всасывания. После пайки флюс должен быть тщательно удален горячей водой (лучше паром) и зачисткой металлической щеточкой. Алюминиевые испарители и конденсаторы соединяют с медными трубопроводами через переходные медноалюминиевые патрубки. Алюминиевую сторону такого патрубка приваривают к испарителю (конденсатору) аргонодуговой сваркой, медную – припаивают к трубкам припоем *ПСр* – 45. Аргонодуговую сварку производят специальной горелкой с применением вольфрамового неплавящегося электрода и алюминиевой проволоки в виде прищадочного материала. Сварка происходит в среде инертного газа – аргона, который оказывает действие флюса и защищает металл от окисления кислородом и вредного воздействия азота воздуха. Свариваемые детали в местах соединений должны быть предварительно очищены от загрязнений, окислов и обезжирены. Детали, бывшие в употреблении, очищают щетками из стальной проволоки и обезжиривают бензином. При сварке анодированного испарителя, покрытого лаком, следует зачистить место сварки на расстоянии 30–40 мм. В месте соединения патрубка со стенкой испарителя рекомендуется вставить втулку из нержавеющей стали, которая предотвратит возможное проваливание разогретого алюминия внутрь и будет способствовать сохранению проходного сечения в месте спая. В каждом случае необходимо при монтаже для получения качественного и герметичного шва подобрать нужную температуру пламени, выбрать соответствующие припой и флюс.

При пайке пламя следует держать на расстоянии в соответствии с толщиной деталей, ядро при этом должно находиться в 3–6 мм от поверхности детали (рис. 3.3.4.3.15). В начале пайки следует разогреть детали для того, чтобы растекся припой, нагревают вначале наиболее массивную деталь, если паяется сталь с медью, то нагревать следует сталь. Тонкую стенку медной трубы небольшого диаметра (всего 1–2 мм) можно легко прожечь пламенем (особенно ядром), поэтому нельзя долгое время нагревать ее. Для наложения припоя следует считать подходящим моментом начало появления у меди вишневого

цвета, свидетельствующего о разогреве до 600 °С. Не следует проверять готовность трубы к пайке припоем, так как капля припоя может налипнуть на стенку трубы и ее трудно будет расплавить.

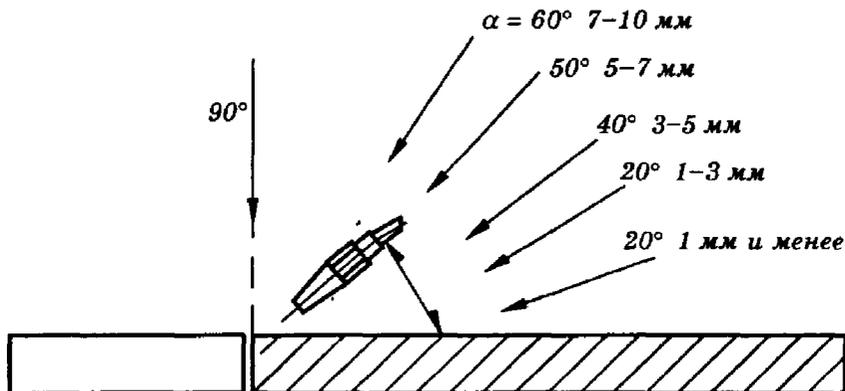


Рисунок 3.3.4.3.15 Наклон пламени при пайке медных (толщиной 1–5 мм) деталей

Паяные соединения могут располагаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, косые соединения редки. Наиболее распространенным и простым является вертикальный шов. Такие швы характерны для горизонтальных трубопроводов, при пайке трубопроводов, соединяемых муфтой или вставляемых друг в друга, при пайке трубопровода и отвода или калача, при пайке трубопровода и присоединительного патрубка на компрессоре или аппарате. Подготовить детали к пайке следует как можно тщательнее, удалив с них окислы, ржавчину, остатки масла, бумаги и скотча, влагу, любое из перечисленных загрязнений может повлиять на качество шва.

Для получения долговечного и надежного соединения труба должна входить в присоединяемую деталь на длину не менее своего диаметра, зазор между ними в идеале должен находиться в пределах 0,025–0,125 мм, но качественные соединения, не имеющие динамических нагрузок, возможны при зазорах 1 мм и более.

Пайка начинается с прогрева места соединения, преимущественно необходимо разогревать ту деталь, в которую вставляется трубопровод, то есть муфту, патрубок компрессора. Прогревают вначале факелом, затем переходят к прогреву средней зоны. В зависимости от

диаметра трубопровода и номера наконечника горелки место пайки прогревают целиком или секторами, трубопроводы диаметром свыше 28 мм приходится паять секторами. Пламя при этом на небольших трубопроводах диаметром до 22 мм удобно направлять снизу, свыше 22 – удобно направлять перпендикулярно от себя.

Когда детали прогреты до состояния, близкого к появлению вишневого цвета, наносят припой. При пайке меди и латуни флюс не требуется, при пайке стали со сталью, медью или латунью пруток припоя вносят в пламя и быстро окунают во флюс. На прутке припоя остается флюс, после чего его можно наносить на шов, на серебряных припоях часто флюс уже нанесен на припой. Баночки для флюса должны быть стеклянными или лучше металлическими, так как раскаленный пруток прожигает дно.

При сильном загрязнении меди и латуни рекомендуется небольшое количество флюса № 209 нанести на припой. Припой следует наносить без усилия, перпендикулярно к шву, таким образом, чтобы он затек на всю длину соединения. Припой течет в сторону нагрева, поэтому необходимо нагревать ту деталь, в которую вставлена труба. Если больше будет разогрета труба, то припой тонким слоем растечется по ней. Когда припой затечет по всему шву, при этом шов просматривается под припоем, следует немного отвести среднюю зону, действуя только факелом, и понизить температуру шва.

Делается это для того, чтобы позволить припою приобрести вязкость сметаны, и затем поверх скелетного шва, не нарушая его, нужно наложить дополнительный слой припоя. Расход припоя при этом повышается, но взамен пайщик получает дополнительную гарантию герметичности шва. Этот способ, как показала практика, при серьезных нагрузках на паяное соединение работает надежнее скелетной пайки. Соединение с дополнительным слоем припоя настолько надежно, что чаще ломается не место пайки, а труба рядом с ним. Шов не должен иметь наплывов, впадин и капель, припой должен лежать ровно. Если детали были плохо и неравномерно прогреты, припой не затек в соединение, могут появиться поры, шов будет иметь низкую устойчивость к вибрации и практически наверняка впоследствии даст течь. Обычно стыки стали с медью получаются наименее качественными, имеют большое количество наплывов и пор.

Шов после пайки необходимо осмотреть (в труднодоступных местах пользуются зеркалом, темное место освещают). Любая щель

может быть сквозной, поэтому нужно устранить все неровности, при исправлении шва нет необходимости нагревать все соединение, так как припой может потечь и пайку придется формировать заново, достаточно нагреть лишь бракованный участок. После пайки шов необходимо очистить от остатков флюса, наиболее просто это сделать мелкой шкуркой либо кордщеткой.

Горизонтальные соединения трубопроводов могут быть двух типов, когда верхняя труба входит в нижнюю и когда нижняя труба входит в верхнюю. Со швом, когда верхняя труба входит в нижнюю или на вертикальном участке трубы стоит муфта и необходимо паять верхний шов, практически не возникает трудностей. Разогрев более массивную деталь, наносят припой, затекающий под воздействием нагрева и силы тяжести в соединение. Напротив, когда производят пайку нижнего шва у муфты или нижняя труба входит в верхнюю, припой не течет вверх, поэтому пайщик может лишь прогревать верхнюю деталь и тем самым поднимать по трубе припой. При этом необходимо держать пруток припоя перпендикулярно к трубе, так как, если подавать пруток снизу, то капля припоя может попасть на руку, а если сверху, то припой может нагреться и большой каплей остаться на трубе.

Часто холодильщику необходимо впаять в медную или стальную трубу бобышку для присоединения приборов автоматики, материал бобышки – сталь или латунь. Пайка происходит при большем нагреве бобышки как наиболее массивной в соединении детали. Обычно холодильщик сам дает заказ на изготовление бобышек, так как только он обладает информацией о резьбе на присоединяемой накидной гайке или о диаметре припаиваемой импульсной трубки. Для того чтобы произвести качественную пайку, токарю надо дать задание сделать уступ на бобышке, которым она войдет в отверстие в трубе. Такое устройство позволит увеличить поверхность соприкосновения деталей, уменьшить возможные зазоры, что повысит надежность пайки.

Случается, даже при достаточной чистоте поверхности и хорошем прогреве, припой на детали не ложится, что характерно для пайки меди и стали, меди и латуни. Избежать этого можно, если предварительно облудить детали, тогда припой будет контактировать уже с облуженной поверхностью и хорошо накладываться. Улучшить качество шва, когда производится пайка меди со сталью или стали и стали, можно применяя в дополнение к серебряному припою медно-

фосфорный. Наложив серебряный припой, обычно очень текучий и довольно дорогой, получают скелетную пайку, затем медно-фосфорным припоем поверх серебряного накладывают еще один слой. Медно-фосфорный припой непригоден для пайки стали, но поверх серебряного припоя он накладывается и является дополнительной гарантией герметичности. При пайке медной трубы внутри при нагреве образуется окалина, которую необходимо удалить, так как хлопья окислы в большой системе могут забить фильтры и автоматику. Избежать этого можно, если производить пайку под азотом или механически удалять окислы изнутри трубы.

Схема пайки под азотом такова: к паяемому соединению присоединяют баллон с азотом через редуктор, отрегулированным на 300 кПа. Соответственно должен быть обеспечен проток, так как при пайке под давлением образуются пузыри и поры на припое. Истекающий по трубе азот предохраняет трубу от образования внутри хлопьев окислы. Присоединение баллона с азотом можно произвести через ниппель на конденсаторе, компрессоре или специально оснастить участок трубопровода дополнительным ниппелем, который можно будет использовать впоследствии для пусконаладки или при обслуживании.

При пайке трубопроводов и запорной арматуры или приборов автоматики необходимо обеспечить отвод теплоты от приборов, так как при нагреве в них могут разрушиться различные детали. Возможно использование теплоотводящих паст, широко предлагаемых производителями, но наиболее простой и проверенный способ – это влажная тряпка, обмотанная вокруг прибора. Она защищает от нагрева, испаряя воду, тем самым отводя теплоту, при небрежности работы пайщика и может защитить прибор от открытого пламени.

При невозможности установки перехода, когда соединяемые медные трубы сильно разнятся по диаметру, возможна для неответственных соединений обжимка большей трубы по меньшей. Для этого малую трубу вставляют в большую и большую нагревают до вишневого цвета, затем плоскогубцами трубу сжимают сбоку, отчего зазор уменьшается до идеального. При пайке такого соединения нужно учесть, что в месте обжима припой может затекать внутрь, следуя в место наибольшего нагрева, поэтому необходимо создать вначале пробку, остудив припой в месте обжима, а затем сформировать шов снаружи.

Экономичность холодильной установки определяет правильность настройки приборов контроля и автоматики. Холодильные ус-

тановки имеют высокую степень автоматизации, а малые холодильные машины работают в автоматическом режиме. Обслуживание приборов контроля и автоматики службой эксплуатации включает регулировки и надзор за их исправностью, отклонениях режима от нормального, чистку контактов, включение и выключение регулирующей аппаратуры. С точки зрения обслуживания приборы контроля и автоматики можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести непрерывно работающие приборы: регулирующие, сигнализаторы, измерительные и регистрирующие приборы, исполнительные механизмы. Вторую группу составляют приборы, срабатывающие в аварийных ситуациях: приборы предупредительной и аварийной сигнализации, приборы аварийной защиты.

За работой приборов первой группы следят в процессе эксплуатации и проводят поверку, регулировку, настройку и ремонт в зависимости от их состояния. Об исправности приборов второй группы при нормальной работе холодильных установок судить трудно, так как они срабатывают только в аварийных ситуациях. Поэтому приборы второй группы ремонтируют только в планово-предупредительном порядке.

Проверку осуществляют на действующем оборудовании. Для реле приборов уровня жидкостных аппаратов ежедневно в дневную смену проверяют работу сигнализаторов, ежедекадно – срабатывание, а для реле контроля смазки, давления нагнетания и всасывания, температуры нагнетания, протока воды срабатывание проверяют один-два раза в месяц.

При обслуживании приборов измерения давления персонал следит, чтобы все манометры были в рабочем состоянии, не истек срок поверки, на шкале была проставлена красная черта (на предельных параметрах), класс точности был не менее 2,5, диаметр шкалы был достаточным для наблюдения.

При обслуживании приборов регулирования давления периодичность определяется конкретными условиями в зависимости от функционального назначения. В автоматизированных холодильных установках используются одно- и двублочные реле давления (РД) различных типов. При регулировании производят настройку, обеспечивающую заданный технологический режим. При работе реле в составе защиты требуется повышенная надежность, так как настройка производится на предельные параметры. Основные неисправности:

обгорание контактов, ослабление соединений в системе рычагов, засорение отверстий в штуцерах, выход из строя микропереключателя, сильфона и нарушение регулировки реле. Контроль за давлением выключения реле низкого давления ведут по мановакуумметру, подключенному к линии всасывания, закрывая вентиль на линии от всасывающего коллектора к компрессору.

Точность срабатывания реле высокого давления контролируют, прекращая подачу воды по манометру, подключенному к линии нагнетания. При осмотре и проверке контактных групп обращают внимание на то, чтобы замыкание контактов было мгновенным и чтобы вспомогательные контакты замыкались раньше основных. Регулирование последовательности замыкания контактов в реле давления проводят регулировочным винтом основного контакта.

Отверстия в штуцерах реле можно прочищать только проволокой из мягкого металла. При негерметичности сильфонов датчики реле заменяют. После проверки крышки реле должны быть закрыты, винты настройки законтрены шайбами. Проверку срабатывания реле давления на точность производят ежемесячно.

Реле контроля смазки проверяют ежемесячно на точность срабатывания, на отсутствие ложных срабатываний, заданную разность давлений при размыкании контактов, вибрацию корпуса и соединительных трубок. При проверке открывают байпас масляного насоса, а разность давлений в момент размыкания контактов и остановку компрессора определяют по показаниям манометров на линии подачи масла и на линии всасывания компрессора.

В реле протока воды проверяют дважды в месяц чистоту от отложений накипи, плотность закрытия соленоидного вентиля, при остановках, стабильность расхода воды, четкость срабатывания, надежность креплений, отсутствие вибрации. Регулировку и настройку проводят на уменьшение потока воды до 20% номинального.

В приборах измерения и регулирования температуры следят, чтобы все термометры были защищены ввернутыми в гильзы щитками, а гильзы были заполнены для улучшения контакта незамерзающей жидкостью. Шкала термометра должна выступать из гильзы, чтобы показания можно было видеть в прорези щитка.

Ртутные контактные термометры должны включаться в цепь исполнительного механизма через промежуточное реле с силой тока, которая бы не вызывала электрической дуги во избежание отложения

ртутной амальгамы на стенках капилляра и подвижном контакте. Логометры, электронные мосты, приборы манометрического типа, машины автоматического управления и регулирования температуры проверяют и ремонтируют один раз в год.

Терморегулирующие вентили регулярно осматривают, проверяя целостность капиллярной трубки и правильность закрепления термочувствительного баллона. Первоначально Терморегулирующие вентили настраивают на обеспечение заданного перегрева из положения полного закрытия. При устойчивом режиме постепенно открывают терморегулирующий вентиль, добиваясь заданного перегрева. Следят за наличием масла в гильзе термобаллона, чистотой фильтра и арматуры. Обмерзание до места включения терморегулирующего вентиля свидетельствует о засорении.

Соленоидные вентили дважды в месяц проверяют на четкость срабатывания вентиля. Раз в квартал проверяют сопротивление катушки. Профилактический ремонт магнитного пускателя производят не реже 1 раза в 3 месяца.

Пускатель отключают рубильником, автоматом АП-50, а при необходимости еще и тумблером в цепи управления, затем снимают крышку, очищают от пыли и грязи и подтягивают винты крепления деталей и контактных зажимов. Нажатием руки на якорь пускателя убеждаются в свободном ходе его подвижной системы и исправности возвратных пружин. При снятии усилия якорь должен свободно возвращаться в исходное положение.

При наличии нагара на поверхности контактов их зачищают тонкой шкуркой, промывают спиртом или ацетоном и вытирают чистой сухой тканью. Если контакты одной из фаз сильно изношены (так в основном и бывает в эксплуатации), их необходимо заменить запасными, независимо от состояния контактов других фаз.

Для безопасности эксплуатации корпус охлаждаемого объекта, щиток с электропусковыми приборами и холодильный агрегат должны быть заземлены. Для проверки прочности заземляющих проводов и их сопротивления холодильный агрегат отключают от сети рубильником или автоматом АП-50. При проверке сопротивления один провод ампервольтметра подключают к заземленному объекту, а второй – к одной из входных клемм рубильника или автомата АП-50.

Если сопротивление более 4 Ом, то машину необходимо отключить и срочно вызвать электрика для устранения повреждения

заземляющего устройства. При профилактическом осмотре, кроме указанных выше, выполняют следующие работы: подтягивают все винты крепления деталей электрооборудования, электросхемы и уплотнение соединений фреоновых трубопроводов, натягивают или заменяют клиновидные ремни, заменяют потрескавшуюся уплотнительную резину, неисправные петли и замки и очищают все оборудование от пыли и грязи.

Проверяют и настраивают приборы автоматики холодильных машин (терморегулирующие клапаны, реле температуры, термодатчики, реле давления), а также заправляют хладагентом силовые элементы терморегулирующих клапанов и реле температуры на стенде. При проверке работы проверяют его максимальный и минимальный перегрев и производительность клапана.

Максимальный перегрев терморегулирующего клапана определяют предельным сжатием пружины клапана. Открывают клапан расхода сжатого воздуха через клапан и контролируют давление после терморегулирующего клапана. Оно должно быть 0,12 МПа. При проверке минимального перегрева это давление должно составлять 0,2 МПа. Производительность терморегулирующего клапана уточняют, открывая клапан ротаметра и контролируя расход воздуха через него: ТРВ-0,5М – 27 литров в минуту, ТРВ-1М – 54 литров в минуту, и ТРВ-2М – 108 литров в минуту (рис. 3.3.4.3.16).

Терморегулирующие клапаны, имеющие повреждения силовой системы, восстанавливают ремонтом с помощью пайки или заменой поврежденных деталей. Паяют на специальном верстаке модели ПТ-2888, оборудованном местной вентиляцией и местным освещением, электрическим паяльником мощностью 200 Вт с применением припоя ПОС-40 или ПОС-61. При пайке применяют только бескислотные флюсы.

Из них наиболее распространены флюсы на основе солянокислого гидразина, марки ФПЭт и на основе канифоли (табл. 3.3.4.3.1). Их применяют при пайке мягкими припоями с температурой плавления ниже 300°С для черных и цветных металлов.

Для заправки силовых систем приборов автоматики хладагентом выпаивают старый технологический конец капиллярной трубки термобаллона и запаивают новый длиной не менее 250 мм. После пайки остатки флюса удаляют кистью, смоченной в ацетоне, и силовую часть приборов проверяют на герметичность.

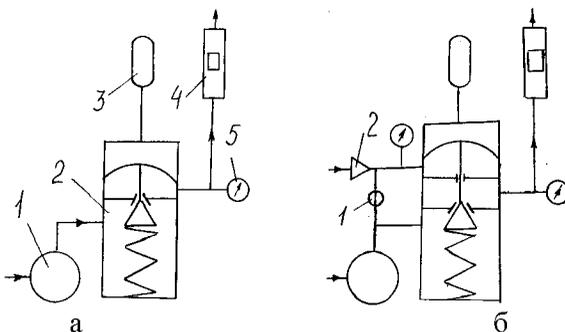


Рисунок 3.3.4.3.16 Проверка производительности термовентилей:
а) с внутренним выравниванием; б) с внешним выравниванием

Таблица 3.3.4.3.1

Состав флюсов

Составляющие флюса	ГОСТ или ТУ	Содержание во флюсе, %
Флюс на основе солянокислого гидразина (после приготовления флюс нейтрализуют водным раствором аммиака до рН7)		
Гидразин солянокислый чистый	ГОСТ 5856-65	5
Глицерин	ГОСТ 6824-54	35
Вода дистиллированная		60
ФПЭт (смолу растирают в фарфоровой ступке и растворяют в этилацетате)		
Смола полиэфирная марки ПН-9 или ПН-56	ТУП 416-65 ТУП 567-68	20-30
Этилацетат	ГОСТ 8968-59	80-70
Флюс на основе канифоли (канифоль измельчают и растворяют в этиловом спирте)		
Канифоль	ГОСТ 19113-73	33, 35
Этиловый спирт	ГОСТ 17299-71	66, 65

Приборы, прошедшие испытания на герметичность, заправляют хладоном. У терморегулирующих вентилей с внешним уравниванием проверяют уплотнение штока клапана и герметичность разъемных соединений. После этого проверяют работу вентилей. Проверку герметичности силовой системы терморегулирующего вентиля осуществляют по отсутствию воздушных пузырьков в воде поддона с закрепленным в нем вентилем.

Зарядка хладагентом силовой системы производится путем вакуумирования мерного сосуда (рис. 3.3.4.3.17а), подачи в него (рис. 3.3.4.6.17б) жидкого хладагента из баллона, вакуумирования силовой системы (рис. 3.3.4.3.17в) и заправки в него хладагента. Для заправки силовой системы прибора необходимым количеством хладона по таблице определяют количество хладона, необходимое для заправки данной марки прибора.

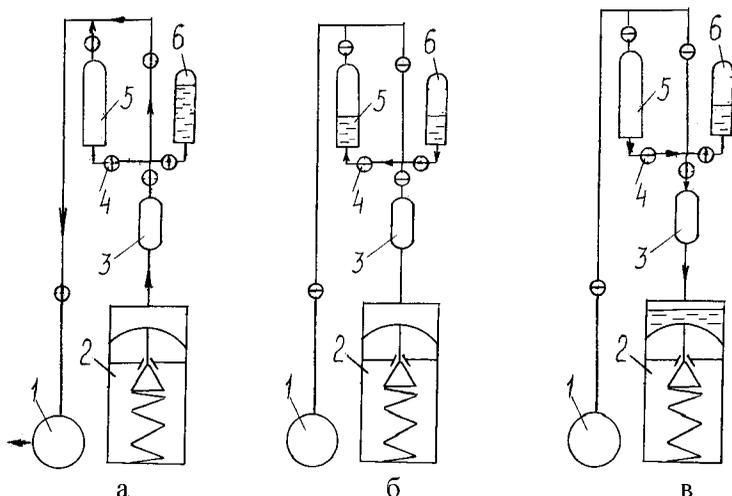


Рисунок 3.3.4.3.17 Заправка силовой системы термовентилей:

а) вакуумирование мерного сосуда и силовой системы (1 – компрессор; 2 – терморегулирующий вентиль; 3 – термобаллончик; 4 – вентиль; 5 – сосуд мерный; 6 – баллон заправочный); б) заправка мерного сосуда хладагентом; в) заправка термосистемы хладагентом

При адсорбционной заправке (рис. 3.3.4.3.18) капиллярная трубка и термобаллон заполняются инертным газом, который при обычных температурах не конденсируется. В термобаллоне находится поглотитель инертного газа в виде твердого тела из адсорбирующего вещества (активированный уголь). Когда температура термобаллона растет (перегрев паров хладагента на выходе из испарителя повышается), из адсорбирующего вещества выделяется газ, что приводит к повышению давления в капиллярной трубке и большему открытию клапана терморегулирующего вентиля (рис. 3.3.4.3.18а). Если

термобаллон охлаждается (перегрев паров хладагента снижается), адсорбент поглощает газ, что приводит к падению давления в управляющей линии и закрытию клапана (рис. 3.3.4.3.18б).

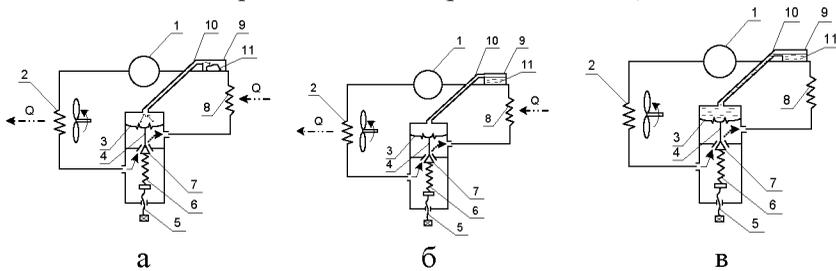


Рисунок 3.3.4.3.18 Виды заправки термобаллона:

а) абсорбционная (1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – мембрана; 4 – шток; 5 – винт регулировочный; 6 – пружина; 7 – клапан; 8 – испаритель; 9 – термобаллон; 10 – капиллярная трубка; 11 – активированный уголь); б) жидкостная; в) заправка термобаллона жидким хладагентом, превышающим объем управляющей полости капиллярной трубки

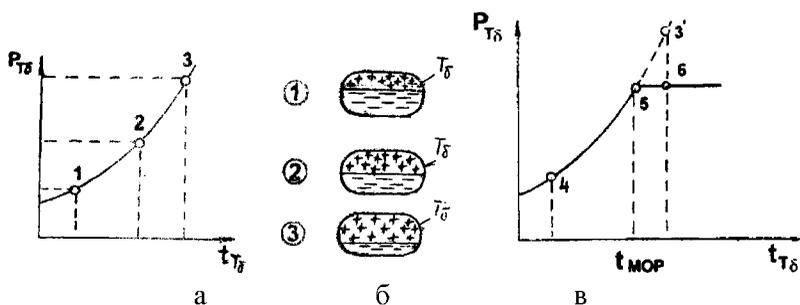
При жидкостной заправке количество жидкости в термобаллоне таково, что какой бы ни была температура термобаллона по отношению к температуре корпуса терморегулирующего вентиля, в термобаллоне всегда содержится жидкость. При работе с такой заправкой требуется, чтобы корпус терморегулирующего вентиля всегда был бы теплее, чем термобаллон (рис. 3.3.4.3.19а).

Если корпус становится холоднее чем термобаллон, то жидкий хладагент из термобаллона будет перемещаться в управляющую камеру (рис. 3.3.4.3.19б). В связи с этим нормальная работа терморегулирующего вентиля будет нарушена.

В некоторых случаях управляющие линии терморегулирующих вентилях заправляют жидким хладагентом такого количества, чтобы объем заправки V_3 превышал сумму объемов управляющей полости над мембраной и капиллярной трубки $V_{МН} + V_{КТ}$, соединяющей термобаллон с управляющей полостью (рис. 3.3.4.3.19в). При этом в термобаллоне будет оставаться жидкость, какой бы ни была температура корпуса терморегулирующего вентиля. В этом случае перегрев хлада-

гента всегда будет нормальным. Для защиты электродвигателя компрессора от перегрузки, которая может возникнуть, например, при запуске после режима оттаивания, предусматривают терморегулирующий вентиль с паровой заправкой. При паровой заправке управляющая линия содержит ограниченное количество жидкости. Такой вентиль может открыться только тогда, когда температура кипения хладагента (то есть давление в испарителе) упадет ниже заданного значения. Повышение температуры термобаллона выше этой точки не приводит к дополнительному открытию вентиля. Электродвигатель компрессора остается защищенным до тех пор, пока давление кипения хладагента не понизится ниже заданного значения. Таким образом, при достижении определенной температуры термобаллона заданной величины вся жидкость, содержащаяся в термобаллоне, полностью испаряется (рис. 3.3.4.3.19в, точка (6)).

При росте температуры свыше критического значения давление в термобаллоне не меняется, поскольку в нем больше нет жидкости. Следовательно, в точке (6) в термобаллоне оно почти равно давлению в точке (5), тогда как при традиционной жидкостной заправке давление в термобаллоне было бы гораздо выше (равное давлению в точке (3)). С другой стороны, при температуре ниже критической, терморегулирующий вентиль работает точно так же, как если бы он был оборудован управляющей линией с жидкостной заправкой. Поэтому вентиль должен быть всегда более нагретым, чем термобаллон. Таким образом, в течение всего переходного режима заправка МОР ограничивает поступление жидкости в испаритель, препятствуя опасному росту температуры испарения выше температуры МОР. Ниже точки МОР терморегулирующий вентиль регулирует перегрев. Начиная с точки МОР, перегрев больше не контролируется (рис. 3.3.4.3.19д).



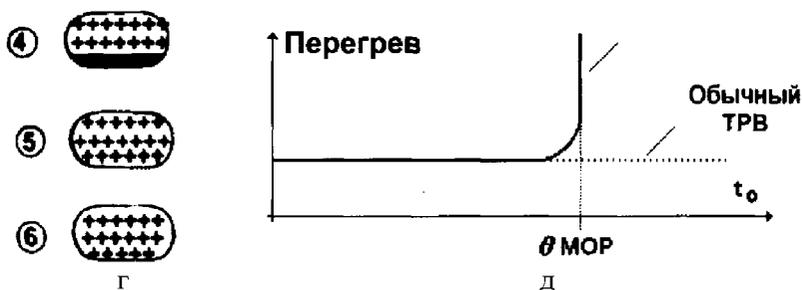


Рисунок 3.3.4.3.19 Характеристики силовых систем термовентилей: а) жидкостная (1 – 3 – уменьшение количества жидкого хладагента); б) паровая (4 – терморегулирующий вентиль работает нормально; 5 – испарилась последняя капля жидкого хладагента; 6 – давление в термобаллоне больше не повышается); в) перегрева и температуры кипения

Перегрев газа (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 играет роль регулирующего воздействия в отношении расширительного клапана. Таким образом, правильно выбранный терморегулирующий вентиль, изменяя свое свободное проходное сечение, регулирует расход хладагента в зависимости от конкретного рабочего состояния испарителя. Рисунок 3.3.4.3.21а показывает, что минимально устойчивый сигнал, выполняя функцию регулирующего воздействия для ТРВ, отделяет устойчивую зону перегрева от неустойчивой. Далее нетрудно заметить, что передаваемая производительность испарителя при снижении перегрева возрастает до достижения минимально устойчивого сигнала (MSS). При опускании кривой MSS ниже установленного значения начинается так называемое «бросание» расширительного клапана, следствием чего является увеличение доли неиспарившейся жидкости в инжектируемом газе, что, в свою очередь, отнюдь не способствует росту полезной холодопроизводительности. Если внести данную характеристику клапана в рис. 3.3.20а, получим следующую картину:

клапан (1) работает с перегревом ниже линии MSS, то есть неустойчиво (рис. 3.3.4.3.20б). При увеличении статического перегрева (при котором собственно и начинается открытие клапана) ТРВ функционирует вполне устойчиво – на небольшом «безопасном расстоянии» от линии MSS. Клапан полностью открыт, когда перегрев возрастает до уровня, необходимого для такого открытия. Вторая возможность может быть реализована клапаном меньшей мощности (клапан 2).

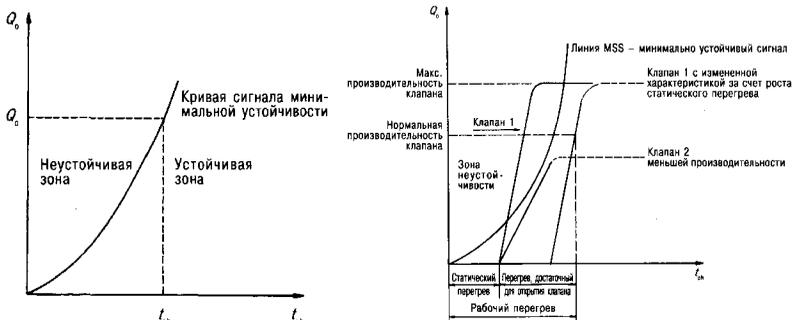


Рисунок 3.3.4.3.20 Зоны перегрева

В практике значения производительности терморегулирующего вентиля определяют испытанием при номинальных значениях давления конденсации и кипения и строят статистическую характеристику зависимости производительности терморегулирующего вентиля от величины перегрева в испарителе (рис. 3.3.4.3.21).



Рисунок 3.3.4.3.21 Терморегулирующий вентиль:
 а) статическая характеристика; б) рабочие характеристики регулятора и испарителя

Выполненная при отправке с завода настройка терморегулирующего вентиля соответствует большинству установок. Если возникает необходимость дополнительной регулировки, нужно использовать регулировочный винт (рис. 3.3.4.3.22а–б). Терморегулирующие вентили зарубежного производства имеют шток, как правило, сбоку. Настройка терморегулирующего вентиля (рис. 3.3.4.3.22а) также осуществляется при помощи специального ключа для вентиляей, которым вращается настроечный шток. При вращении винта вправо (по часовой стрелке) перегрев повышается, при вращении влево (против часовой стрелки) – понижается. Полный оборот винта меняет температуру перегрева примерно на $0,5\text{--}4^{\circ}\text{C}$ при температуре испарения 0°C . Чтобы избежать переполнения испарителя жидкостью, действуют следующим образом. Вращая регулировочный винт вправо (по часовой стрелке), повышают перегрев до прекращения колебаний давления (рис. 3.3.4.3.22б). Затем понемногу вращают винт влево, до точки начала колебаний. После этого поворачивают винт вправо, примерно на 1 оборот. При такой настройке колебания давления отсутствуют, и испаритель работает в оптимальном режиме. Изменения перегрева в диапазоне $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ не рассматриваются как колебания.

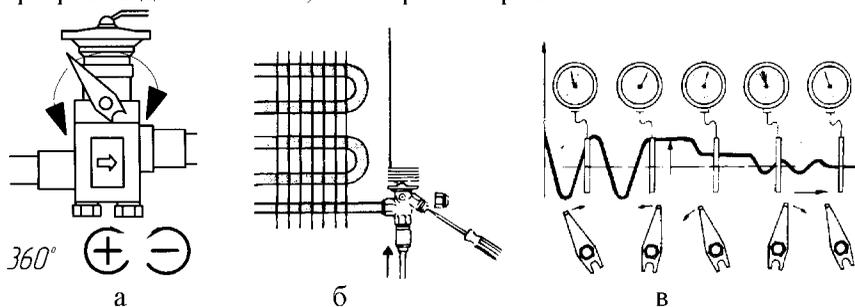


Рисунок 3.3.4.3.22 Настройка терморегулирующих вентиляей:
а) схема; б) регулировка; в) последовательность действий

Если в испарителе имеет место чрезмерный перегрев, это может быть следствием его недостаточной подпитки жидкостью. Снизить перегрев можно, вращая регулировочный винт влево (против часовой стрелки), постепенно выходя на точку колебаний давления (рис. 3.3.4.3.23а). После этого повернуть винт вправо, на $\frac{1}{4}$ – 1 оборот. При такой настройке колебания давления прекращаются, и испаритель работает в оптимальном режиме. Если не удастся найти режим на-

стройки, который устраняет пульсации давления, не исключено, что пропускная способность терморегулирующего вентиля слишком велика. В этом случае, чтобы снизить расход, нужно заменить терморегулирующий вентиль или сменить патрон с отверстием (рис. 3.3.23б). Если перегрев в испарителе слишком большой, пропускная способность терморегулирующего вентиля мала. Тогда, чтобы повысить расход, нужно также поменять патрон.

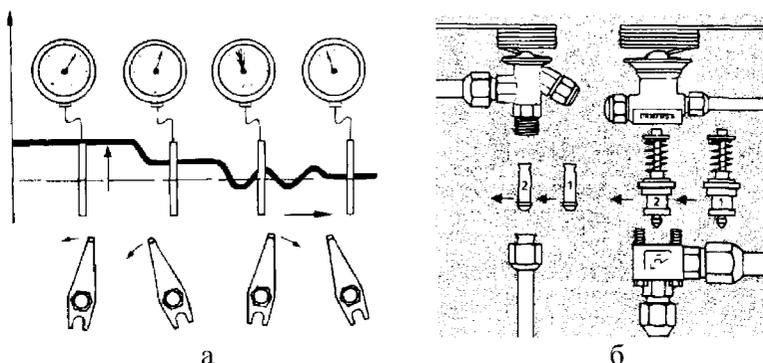


Рисунок 3.3.4.3.23 Настройка терморегулирующих вентилялей:
а) последовательность действий; б) схема

Удобнее регулировать терморегулирующий вентиль по измеряемой разности температур кипящего в испарителе хладагента и его пара, всасываемого в компрессор. Винты проворачивают специальным комбинированным ключом, позволяющим также подтягивать сальниковые гайки прибора. Предлагается также следующий метод настройки терморегулирующего вентиля. Дополнительно устанавливают электронный термометр, датчик которого закрепляют на термобаллоне ТРВ (рис. 3.3.4.3.24). Чтобы сохранить стабильность настройки во времени, ее производят при температуре в охлаждаемом объеме, близкой к температуре отключения компрессора (настройка, обеспечивающая стабильность при температуре 25°C, может привести к пульсации при температуре 20°C).

Рекомендуемая технология настройки заключается в том, что сначала выводят ТРВ на предельный режим, при котором начинаются пульсации. Для этого при постоянной величине перегрева (показания термометра и манометра НД не меняются) медленно открывают ТРВ

до тех пор, пока не начнутся пульсации. Если при этом появляются пульсации перегрева (пульсации показаний термометра и манометра), закрывают ТРВ до тех пор, пока пульсации не прекратятся.

Регулировочный винт вращают меньше, чем на один оборот (пределный режим, приводящий к пульсациям, может наступить при вращении винта на 1/4 или даже на 1/8 оборота). После каждого изменения настройки (поворота регулировочного винта) выжидают не менее 15 минут (в дальнейшем это позволит сэкономить время на настройку). Когда установка выйдет на пульсирующий режим, достаточно слегка закрыть ТРВ (например, на пол-оборота). В этом случае ТРВ будет настроен на минимально возможный перегрев, который обеспечивается данной установкой, заполнение испарителя жидким хладагентом будет оптимальным, а пульсации прекратятся.

В течение настройки давление конденсации должно оставаться относительно стабильным, но его величина должна быть максимально приближена к номинальным условиям работы, так как от нее зависит производительность ТРВ. При настройке могут возникнуть две сложности. Во-первых, не удастся добиться пульсаций. Это означает, что ТРВ, будучи даже полностью открытым, имеет производительность ниже, чем производительность испарителя. В общем случае это может происходить по следующим причинам: либо проходное сечение ТРВ слишком мало, либо в установке не хватает хладагента, либо на вход в ТРВ поступает недостаточно жидкости. Во-вторых, не удастся исключить пульсации после их возникновения. Это означает, что ТРВ, будучи даже полностью закрытым, сохраняет производительность выше, чем пропускная способность испарителя. В общем случае это связано с тем, что проходное сечение ТРВ слишком велико, либо испарителю не хватает производительности. Настройка прекращается, когда перегрев достигает слишком большого значения (это наступает, когда ТРВ практически перекрыт, давление испарения аномально малое, и полный перепад температур слишком большой). Это означает, что испаритель производит меньше паров, чем способен поглотить компрессор, то есть мощность испарителя недостаточна. Во всех случаях настройки ТРВ, обязательно в качестве меры предосторожности отмечают начальную настройку (начальное положение регулировочного винта) и точно подсчитывают число оборотов регулировочного винта, которое сделано (точная регулировка может быть обеспечена поворотом винта всего на 1/8 оборота).

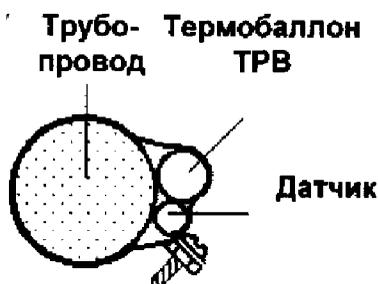


Рисунок 3.3.4.3.24 Крепление электронного термометра при настройке термовентили

Одним из методов настройки терморегулирующего вентиля является открытие его на среднюю производительность (шток ввинчен наполовину) и в зависимости от полученной температуры (ниже или выше необходимой) постепенным вывинчиванием или ввинчиванием штока по пол-оборота осуществляется настройка необходимой температуры. Следует учесть, что настройка терморегулирующего вентиля – длительный и трудоемкий процесс, длящийся зачастую несколько дней.

Встречающиеся отказы терморегулирующего вентиля – засорение фильтра, замерзание влаги в дроссельном отверстии, негерметичность вентиля. Для снятия и прочистки фильтра участок системы от закрытого жидкостного вентиля на ресивере агрегата до всасывающего вентиля компрессора вакуумируется. Это можно сделать в том случае, если фильтр засорен не полностью и частично пропускает хладагент. Вакуумирование следует выполнять до обмерзания и последующего оттаивания жидкостного трубопровода, так как при этом почти сохраняется хладагент, заполняющий участок трубопровода от жидкостного вентиля до терморегулирующего вентиля. Накидную гайку с входного штуцера терморегулирующего вентиля можно отворачивать только после подогрева трубопровода до температуры окружающей среды после вакуумирования. Это предотвратит конденсацию влаги на внутренних холодных частях прибора и трубопровода. Вынутый фильтр тщательно промывают в бензине, продувают (например, паром хладона), высушивают и после этого устанавливают во входной штуцер терморегулирующего вентиля, проверив предварительно наличие и исправность уплотняющей медной шайбы. При замерзании влаги в дроссельном отверстии терморегулирующего вен-

тия сначала обмерзает корпус прибора, а в испарителе снижается давление. Установка работает короткими циклами, так как в испарителе еще сохраняется часть хладагента. Испаритель же и всасывающий трубопровод постепенно оттаивают. Затем установка выключается на длительное время и за счет теплого холодильного агента, подходящего из ресивера, поверхность размораживается. Чтобы убедиться в том, что в терморегулирующем вентиле замерзает влага, нужно подогреть корпус прибора. При этом через определенное время жидкий холодильный агент прорывается в испаритель, что можно определить по повышению давления на всасывающей стороне компрессора и характерному шипящему звуку.

Одним из наиболее опасных дефектов в работе терморегулирующего вентиля является утечка холодильного агента через сальниковое уплотнение (например, в приборах типа ТРВ-2М). Поэтому после регулирования прибора необходимо поджать сальниковую гайку и проверить герметичность прибора. Только после этого регулировочный винт закрывают колпачковой гайкой с медной прокладкой. Обмерзание всасывающего трубопровода и даже всасывающей стороны компрессора при включении холодильной установки обусловлено ошибочным выбором места закрепления термобаллона или негерметичностью закрытия клапана вентиля.

В обоих случаях во время остановки компрессора жидкий холодильный агент протекает из конденсатора в испаритель. Если производительность терморегулирующего вентиля превышает требуемую для данной системы, то он не сможет поддерживать постоянное давление всасывания, так как в испаритель будет проходить слишком много жидкого хладагента. Колебания давления всасывания будут составлять от 70 до 100 кПа. В этом случае необходимо заменить терморегулирующий вентиль или его клапан. Если производительность терморегулирующего вентиля низкая, то в испаритель будет поступать недостаточное количество жидкого хладагента. При большой тепловой нагрузке на испаритель перегрев будет значительным, а холодопроизводительность аппарата – низкой. При использовании терморегулирующего вентиля недостаточной производительности создается низкое давление всасывания.

В этом случае заменяют терморегулирующий вентиль или его клапан. Если происходит утечка наполнителя из термосистемы, то терморегулирующий вентиль закрывается, прекращая тем самым по-

дачу хладагента. Для проверки термосистемы останавливают компрессор, снимают термобаллон с трубопровода и погружают его в ледяную воду. После этого включают компрессор, вынимают термобаллон из ледяной воды и нагревают его рукой. Одновременно проверяют, снижается ли температура во всасывающем трубопроводе. Если жидкий хладагент проходит через терморегулирующий вентиль, то термосистема работает нормально.

Датчики-реле давления выключают компрессор при понижении давления паров хладагента во всасывающей линии ниже допустимых пределов (0,1–0,25 МПа для хладона-22) и повышении давления нагнетания выше 1,68 МПа. Регулировку реле давления осуществляют с помощью мановакуумметра и манометра, которые устанавливают соответственно на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессора (рис. 3.3.4.3.25). По заданному давлению выполняют предварительную регулировку прибора.

Блок низкого давления регулируют, медленно перекрывая тройник всасывающего вентиля. При этом наблюдают за давлением, при котором размыкаются контакты прибора, и, следовательно, отключается компрессор. При необходимости настройку прибора изменяют основным регулировочным винтом, вращение которого по часовой стрелке приводит к увеличению, а против часовой стрелки – к уменьшению величины давления отключения. После отключения компрессора давление на всасывающей стороне начинает возрастать.

По достижении определенного давления, величину которого устанавливают по мановакуумметру, контакты прибора замыкаются и компрессор включается. Давление замыкания регулируют винтом дифференциала, вращение которого по часовой стрелке уменьшает, а против часовой стрелки увеличивает разность между давлением отключения и давлением включения. Блок высокого давления можно отрегулировать, медленно прикрывая нагнетательный вентиль либо искусственно повышая давление в конденсаторе.

После регулировки блока низкого давления на основной регулировочный винт обязательно устанавливают стопорную шайбу, предотвращающую разрегулировку прибора в процессе эксплуатации. Регулировка приборов, имеющих установочные шкалы блока низкого и высокого давления и дифференциала, упрощена. Настройку осуществляют, вращая регулировочные винты до совмещения острия указательных стрелок с рисками, соответствующие требуемым значениям

(%) давлений срабатывания дифференциала. Устанавливать на систему мановакуумметр и манометр в этом случае не требуется.

Однако для обеспечения особой точности поддержания режима давления работу прибора и соответствие его шкал контролируют мановакуумметром. В процессе эксплуатации приборов особое внимание обращают на работу контактной группы, осматривать которую нужно периодически. При подгорании и окислении контактов, а также в случае нарушения регулировки наблюдается нечеткое срабатывание исполнительного устройства – магнитного пускателя (или промежуточного реле). Обнаружив указанный недостаток, контакты тщательно зачищают. Затем снова проверяют их работу.

Контакты могут подгорать и в результате ослабления силы магнита. Это, в свою очередь, может быть вызвано электрическими замыканиями на корпус прибора при регулировке винта дифференциала или смещением магнита. Если четкую работу механизма мгновенного действия наладить не удастся, магнит следует заменить. Следует наблюдать за герметичностью сильфонов.

В случае негерметичности реле возможен значительный или полный выход хладона из системы. В процессе эксплуатации возможно также засорение отверстий штуцеров реле давления, что приводит к размыканию контактов прибора. В этом случае отверстия прочищают мягкой тонкой латунной или медной проволокой.

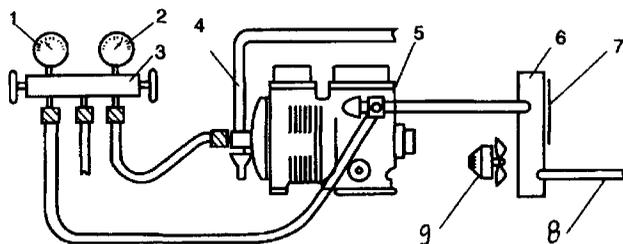


Рисунок 3.3.4.3.25 Проверка реле высокого давления:

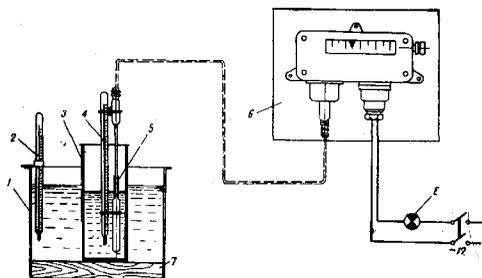
- 1 – манометр; 2 – мановакуумметр; 3 – манометровый коллектор;
4 – трубопровод; 5 – компрессор; 6 – конденсатор; 7 – перегородка;
8 – жидкостный трубопровод; 9 – вентилятор конденсатора

Диагностику шкалы термореле (рис. 3.3.4.3.26а) можно провести с помощью термостата. Прибор укрепляют на кронштейне (6). Со-

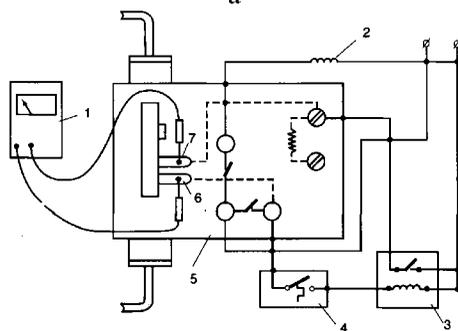
суд (1) емкостью 10 литров заливают холодным рассолом температурой на $2-3^{\circ}\text{C}$ ниже температуры проверяемой точки шкалы прибора. В сосуд помещают стакан (3) диаметром 50–100 мм. Высота стакана больше длины термобаллона (5). Стакан заливают рассолом с температурой на $2-3^{\circ}\text{C}$ выше, чем температура проверяемой точки шкалы. Термометр (4) крепят к термобаллону так, чтобы можно было наблюдать температуру по его шкале, не извлекая термометр из стакана. Стакан ставят на деревянную подставку (7) в сосуде с рассолом. Уровень рассола в сосуде должен быть выше, чем уровень рассола в стакане. Не погружая термобаллона в термостат, подводят стрелку прибора к крайней точке шкалы. У исправного прибора контакты должны замкнуться и сигнальная лампа (8), включенная в цепь понижающего переносного трансформатора, будет гореть. Устанавливают минимальное значение дифференциала. Термобаллон с термометром погружают в стакан с рассолом. Помешивая рассол в стакане, понижают в нем температуру. В момент размыкания контактов регистрируют температуру по термометру. После этого стакан с рассолом и термобаллоном вынимают из сосуда. Помешивая рассол в стакане, повышают температуру. В момент замыкания контактов регистрируют температуру по термометру.

Разность температур включения и выключения контактов и является дифференциалом прибора. Каждую точку шкалы прибора проверяют два-три раза. Обязательно проверяют крайние точки шкалы и две-три промежуточные. Если на шкале имеется деление, соответствующее 0°C , то эту точку проверяют, погрузив термобаллон в стакан с тающим льдом. На основании результатов проверки устанавливают степень расхождения шкалы с действительной температурой выключения прибора. Прибор считают пригодным, если расхождение не превышает класса точности. Например, для прибора ТРД-3 со шкалой $-25-0^{\circ}\text{C}$, то есть с диапазоном в 25°C , расхождение не должно превышать $\pm 4\%$, что соответствует $\pm 1^{\circ}\text{C}$, поскольку прибор относится к классу 4,0. Для проверки реле контроля смазки мановакуумметры присоединяют к выходному и входному штуцерам масляного насоса. Проверяют присоединение реле контроля смазки. Вольтметр подключают к клеммам (6) и (7) реле (рис. 3.3.266). Включают компрессор и наблюдают за показаниями приборов. При достижении разности давлений между показаниями двух мановакуумметров не менее $0,07$ МПа, должны разомкнуться контакты между клеммами (6) и (7) и

вольтметр покажет наличие напряжения. Если же при достижении указанного разряжения контакты реле контроля смазки не разомкнулись, то реле времени остановит компрессор из-за неисправного реле контроля смазки. Его необходимо заменить.



а



б

Рисунок 3.3.4.3.26 Проверка реле:

а) температуры (1 – сосуд; 2 – термометр; 3 – стакан; 4 – термометр; 5 – термобаллон; 6 – кронштейн; 7 – подставка; 8 – сигнальная лампа); б) контроля смазки (1 – вольтметр; 2 – катушка реле; 3 – катушка; 4 – реле задержки; 5 – реле контроля смазки; 6–7 – клеммы)

Реле контроля смазки обеспечивают автоматическую защиту компрессоров от понижения разности давлений в системе смазки. Оно также контролирует разность давлений, создаваемую насосами хладагентов (рис. 3.3.27). При работе компрессора на сильфоны чувствительных систем прибора действуют давления, разность которых контролируется. Давление в нижней части чувствительной системы

должно быть больше, чем в верхней. Контакты прибора замкнуты. Один из сифонов (5) соединен с картером компрессора, второй – с масляной магистралью. Давление в нижнем сифоне равно сумме давлений в картере компрессора и давления масла, создаваемого масляным насосом.

Нормативная разность давлений масла удерживает контакты (14) реле в замкнутом положении. Уменьшение давления масла снижает величину усилия воздействующее на нижний сифон (1). Он сокращается, и рычаг (2) под воздействием пружины (3) поворачивается вокруг оси против часовой стрелки. Верхняя часть рычага (9) перемещается влево, увлекая за собой пружину (10). Пересечение верхним концом пружины оси поводка (12) вызывает поворот поводка вокруг оси по часовой стрелке. Поводок, действуя на контактную планку (13), размыкает контакты. Заданную разность давлений регулируют винтом (7). Значение установленной разности давлений указывает стрелка (5) на шкале (6). Повышение разностью давлений величины зоны чувствительности замыкает контакты. Верхний штуцер прибора обозначается знаком «-», нижний «+». Соединение импульсных трубок реле контроля смазки производится согласно данным таблицы 3.3.4.3.3.

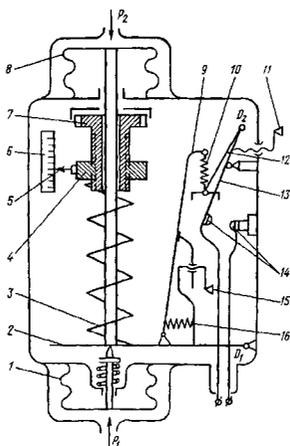


Рисунок 3.3.4.3.27 Схемы реле контроля смазки:

- 1, 8 – сифоны; 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

Таблица 3.3.4.3.3 Соединение импульсных трубок реле контроля смазки

Наименование узлов	Верхний штуцер прибора обозначается знаком «-»	нижний «+».
В поршневом компрессоре	К картеру компрессора	К корпусу сальника компрессора
В винтовом агрегате	К маслоотделителю	К коллектору после фильтра тонкой очистки масла
В насосе хладагента	К всасывающему патрубку	К нагнетательному патрубку

Полностью связать холодильную установку в единую систему управления позволяет система *ADAP – KOOL* (рис. 3.3.4.3.28). Она позволяет управлять компрессорным агрегатом или несколькими компрессорными агрегатами, оснащенными приборами регулирования и защиты по электропитанию, датчиками давления, вентиляторами конденсатора и воздухоохладителей, электронным расширительным вентилем.

Вся информация о холодильной установке может быть выведена на компьютер. Причем, доступ к информации можно получить, находясь на удалении от холодильной установки по модемной связи, что очень удобно для малонаселенных районов, где нет телефонных линий, но есть возможность использовать, например, *GSM* -модем.

Кроме того, подобные системы дают возможность извещать обслуживающий персонал при помощи *SMS* -сообщений о состоянии холодильной установки и неполадках.

Таким образом, при помощи приборов автоматизации можно комплексно автоматизировать холодильную установку.

Контроллер *EKC331*, отбирая датчиком, например, давление всасывания, контролирует работу компрессора. Сдвоенное реле давления *KP15* защищает компрессор от превышения давления нагнетания и падения давления всасывания. Холодильная установка работает на две температуры кипения (нижняя камера работает на более низкую температуру, верхняя – на более высокую).

Чтобы выровнять давление, на всасывающую линию в верхней

высокотемпературной камере поставлен регулятор давления *KVP*, в нижней камере – обратный клапан *NRV*, чтобы не было перетечек, так как в высокотемпературной камере давление выше.

Общее давление всасывания регулирует *KVL*. Контроллер *EKS201* в низкотемпературной камере по датчику температуры в объеме управляет работой вентиляторов, закрытием и открытием соленоидного вентиля *EVR*, началом и окончанием оттаивания.

В высокотемпературной камере не требуется оттаивания (положительные температуры), поэтому контроллер более простой – *EKS101*, он управляет лишь работой соленоидного вентиля *EVR*. Дросселирование производят механические терморегулирующие вентили с внешним выравниванием *TE*.

Контроллер *EKS331* с датчиком давления управляет включением и выключением вентиляторов конденсатора и тем самым поддерживает давление конденсации.

Для предотвращения перетекания жидкого холодильного агента в зимнее время из теплого ресивера в более холодный конденсатор используют систему зимнего регулирования *KVR + NRD*.

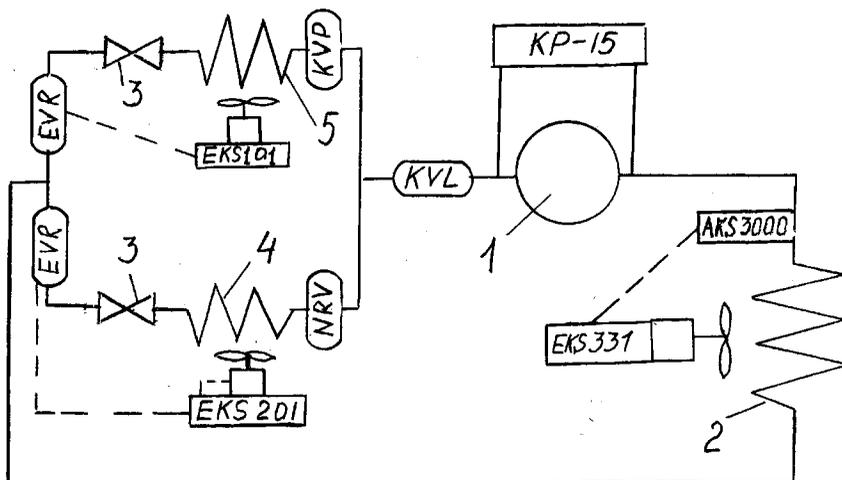


Рисунок 3.3.4.3.28 Схема автоматизации импортной установки:
 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – терморегулирующий вентиль;
 4 – низкотемпературный испаритель; 5 – высокотемпературный испаритель

Эффективность работы холодильных установок при различных режимах работы обеспечивается с помощью контроллеров, которые плавно уменьшают значение перегрева до момента, когда пульсации давления не будут превышать определенного значения. Они имеют жидкокристаллические дисплеи, на которые выводятся как все текущие параметры работы оборудования, так и информация об авариях и температурах (рис. 3.3.4.3.29).

Контроллеры позволяют управлять элементами холодильной установки или всей установкой в целом. Кроме того, контроллер отображает текущую информацию о состоянии холодильной установки на дисплее и выводит ее на компьютер. Они могут монтироваться в щитах, встраиваться в дверцу щита или монтироваться непосредственно на кронштейне на стене или в любом удобном месте. Контроллеры обычно поставляют с необходимым комплектом датчиков температуры, давления, крепежом.

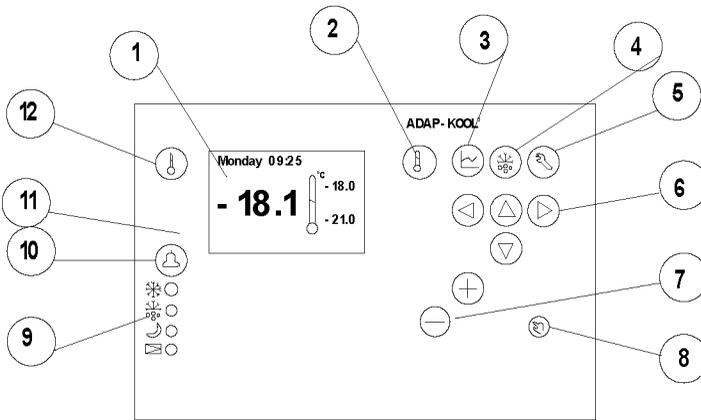


Рисунок 3.3.4.3.29 Дисплей блока управления:

1 – графический дисплей; 2,3 – кнопки изменения и просмотра температуры; 4,5 – кнопки набора режимов и параметров; 6 – кнопки перемещения в меню; 7 – кнопки изменения загрузки в меню; 8 – кнопка начала и прекращения регулирования, выхода данных; 9,11 – лампочки сигнальные; 10 – кнопка выявления причины поступившего сигнала тревоги; 12 – кнопка просмотра состояния работы системы

3.3.4.4 Технология переоборудования установок под озонобезопасные агенты

В качестве рабочего вещества в системах холодильных установок применяют хладагенты. Чтобы какое-то вещество могло выполнять функции хладагента, необходимо, чтобы при атмосферном давлении его температура кипения была низкой, а давление конденсации – достижимым значением. Желательно, чтобы его удельная энтальпия была значительной. В качестве первого хладагента использовалась вода. До конца XIX века использовались аммиак ($R717$), углекислый газ ($R744$) и двуокись серы ($R764$). Аммиак, точка кипения которого равна -33 градуса, или сернистый газ, испаряющийся при -10 градусах, дешевы, но имеют резкий запах и ядовиты. Случайная их утечка из системы охлаждения вызывает удушающее действие. Считается, что предельная величина концентрации аммиака, например, для человека не должна превышать 25 ppm. Кроме того, как аммиак, так и сернистый газ вызывают коррозию многих металлов. Аммиак, например, химически агрессивен по отношению к меди и ее сплавов, используемых в современных холодильных установках. Поэтому этот хладагент применяется лишь в крупных промышленных холодильных установках средней и большой мощности (выше 100 кВт). Затем в 1930 году американские химики получили органическое соединение, содержащее фтор – дихлордифторметан (фреон). Его молекула представляет собой молекулу метана, в которой водородные атомы замещены: два – на атомы хлора и оставшиеся два – на атомы фтора (рис. 3.3.4.4.1). Фреон – хладагент. Под давлением он легко превращается в жидкость, которая испаряется уже при температуре -28°C , не имеет запаха, не ядовит и не разрушает металлы. Он не горюч, благодаря чему исключается опасность взрыва или пожара. Поэтому, хотя фреон и дороже неорганических хладагентов, он широко применялся в домашних холодильниках, вытеснив из сферы применения все ранее упоминавшиеся хладагенты, за исключением аммиака.

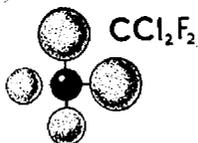


Рисунок 3.3.4.4.1 Молекула фреона

Впоследствии номенклатура используемых хладагентов стала еще многочисленнее. Чтобы обеспечить их обозначение, была введена система буквенно-цифровых индексов. Предельные углеводороды и их галогенные производные обозначаются буквой *R* с тремя цифрами после нее, то есть *Rcd_i*, где: *c* – (сотни) равно числу атомов углерода, уменьшенному на единицу; *d* – (десятки) равно числу атомов водорода, увеличенному на единицу; *i* – (единицы) равно числу атомов фтора.

Для определения химической формулы соединения ее состав дополняют хлором таким образом, чтобы полное число одновалентных атомов, то есть атомов водорода, фтора и хлора вместе взятых, было равно 4 для производных метана, для производных этана – 6 и для производных пропана – 8. Например, для *R12*, обозначение которого следовало бы записать как *R012*, имеем следующее число атомов n_i : $n_c = 1$, $n_H = 0$, $n_F = 2$. Следовательно, $n_{Cl} = 1$, откуда его химическая формула CF_2Cl_2 (дифтордихлорметан). Для *R22* (*R022*) имеем: $n_c = 1$, $n_H = 1$, $n_F = 2$, следовательно, $n_{Cl} = 1$, откуда его формула CHF_2Cl то есть дифторхлорметан. Для *R114* имеют: $n_c = 2$, $n_H = 2$, $n_F = 4$, следовательно, $n_{Cl} = 2$, откуда его формула $C_2F_4Cl_2$ – то есть тетрафтордихлорэтан.

Если в составе соединения имеется бром, то в его обозначении появляется буква *B* (хотя химический символ брома – *Br*), за которой следует число атомов брома. Например, для *R13B1* (*R013B1*) имеем: $n_c = 1$, $n_H = 0$, $n_F = 3$, следовательно, $n_{Cl} = 1$, откуда его химическая формула CF_3Br – то есть трифторбромметан. Изомеры производных этана имеют один и тот же цифровой индекс, и то, что данный изомер является полностью симметричным, указывается его индексом без каких-либо уточнений.

По мере возрастания значительной асимметрии к цифровому индексу соответствующего изомера прибавляется буква *a*, при еще большей асимметрии она заменяется буквой *b*, затем *c* (например, *R134a* или *R142b*). Способ цифрового обозначения непредельных углеводородов и их галогенных производных тот же самый, что и в предыдущем случае, но после буквы добавляется *I* для обозначения

ния тысяч (например, $R150$). Для хладагентов на основе циклических углеводородов и их производных после буквы R перед цифровым индексом вставляется буква C (например, $RC270$). Различным органическим соединениям присвоена серия 600, а номер каждого хладагента внутри этой серии назначается произвольно. Например, метиламин имеет номер 30, следовательно, его обозначение запишется как $R630$. Различным неорганическим соединениям присвоена серия 700, а идентификационный номер хладагентов, принадлежащих к этой серии, определяется как сумма числа 700 и молекулярной массы каждого хладагента. Например, для аммиака, химическая формула которого NH_3 , имеем $1 \cdot 14(N) + 3 \cdot 1(H_3) + 700 = 717$. Таким образом, обозначение NH_3 записывается как $R717$.

В компрессионных холодильных машинах наряду с чистыми холодильными агентами и азеотропными смесями используют неазеотропные смеси, которые характеризуются различием равновесных концентраций компонентов в жидкой и газовой фазах. Этим хладагентам присвоена серия 400 с произвольным номером для каждого хладагента внутри этой серии. Эти смеси, в отличие от азеотропных, не перегоняются без разделения на компоненты. Кипение и конденсация неазеотропных смесей происходят при переменных температурах. Азеотропным смесям присвоена серия 500 также с произвольным номером каждого хладагента внутри этой серии. Например, типичной азеотропной смесью является хладагент $R502$, состоящий из 48,8% $R22$ и 51,2% $R115$. Ученые выявили вредное воздействие хлорсодержащих хладагентов на защитный озоновый слой Земли. Химическая стабильность молекул этих хладагентов превышает сто лет. Они не разрушаются солнечными лучами, не вступают в химические реакции и не растворяются в воде. Активные молекулы хлорсодержащего хладагента (три-пять молекул на десять миллиардов молекул воздуха) в течение одного-двух лет достигают стратосферы. Под действием ультрафиолетового излучения от молекул хлорсодержащего хладагента отрывается атом хлора, а оставшийся радикал окисляется, создавая молекулу оксида хлора и новый радикал. Атом хлора и молекула оксида хлора включаются в каталитический цикл разрушения озона. Одна молекула хлора, достигшая атмосферы, способна разрушить от десяти до ста тысяч молекул озона (рис. 3.3.4.4.2).

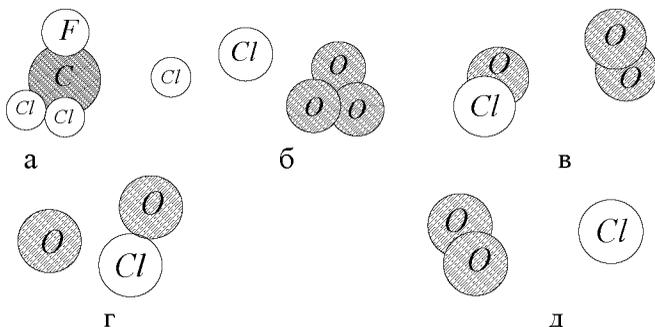


Рисунок 3.3.4.4.2 Механизм разрушения озона хлором:

а) отщепление атома хлора при поглощении молекулой фреона кванта энергии; б) атака молекулы озона; в) отщепление атома кислорода (образуя оксид хлора и молекулу кислорода); д) атака оксида хлора; е) образование атома хлора и молекулы кислорода

Соответственно появилась тенденция при обозначении хладагента предварять цифровой индекс не буквами *R* или *H*, а аббревиатурой, уточняющей воздействие на окружающую среду. Таких групп три – это группа озоноопасных хладагентов (*CFC*), менее опасных фторхлорсодержащих углеводородов (*HCFC*) и группа безопасных фторуглеводородов (*HFC*). Вредное воздействие хладагентов категорий *HCFC* и *HFC* на окружающую среду гораздо слабее, чем хладагентов категории *CFC* (рис. 3.3.4.4.3).

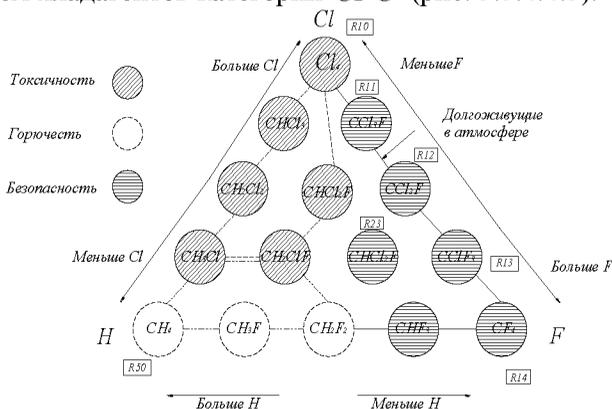


Рисунок 3.3.4.4.3 Зоны безопасности галагеноводородов метанового и этанового рядов

Например, предлагается обозначение *CFC12* для хладагента *R12*, относящегося к категории *CFC*. В эту категорию входят чрезвычайно вредные для окружающей среды хладагенты, поскольку их молекулы содержат атомы хлора (в *CFC12* два атома хлора, его формула CF_2Cl_2). Обозначение *HCFC142b* предлагается для хладагента *R142b*, относящегося к категории *HCFC*. Эта категория состоит из хладагентов средней или слабой вредности для окружающей среды, так как их молекулы содержат меньше (чем категория *CFC*) атомов хлора, поскольку часть их замещена атомами водорода (формула $HCFC142bCH_3 - CClF_2$). Обозначение *HFC134a* предлагается для хладагента *R134a*, относящегося к категории *HFC*. Эта категория состоит из хладагентов, безвредных для окружающей среды, так как все атомы хлора в их молекулах замещены атомами водорода (формула $HFC134aCH_2F - CF_3$) [54]. Характеристики и свойства хладагентов категорий *CFC*, *HCFC* и *HFC* близки. Хладагенты категории *CFC* – это малотоксичные вещества, обнаруживаемые по запаху (сладковатый аромат) при объемной концентрации в воздухе выше 20 %. Хладагенты *CFC* взрывобезопасны, однако разлагаются в присутствии открытого пламени или электрической дуги. Продуктами разложения являются хлористоводородная (соляная) и фтористоводородная (плавиковая) кислоты, которые проявляют себя при малых концентрациях резким запахом.

Разложение *CFC* в присутствии открытого пламени положено в основу принципа обнаружения утечек с помощью галогенной лампы, где продукты разложения реагируют в пламени лампы с нагретой медью, окрашивая пламя в различные оттенки, переходящие от коричневого к синеватому. Растворимость воды в хладагентах зависит от их типа. Такие хладагенты как *R11*, *R12* и *R13*, молекулы которых не содержат водорода, слабо растворяют воду. При 0°C максимальное содержание воды в них составляет от 20 до 30 мг/кг. Напротив, хладагенты *R21* и *R22*, молекулы которых содержат по одному атому водорода, при 0°C способны растворить от 500 до 600 мг/кг.

Эта характеристика важна, поскольку в случае отрицательных температур испарения холодильной системы нерастворенная вода может оседать на регулирующих органах, таких, например, как терморегулирующий вентиль, замерзая на седлах клапанов и вызывая

тем самым их закупорку. Кроме того, при содержании влаги свыше примерно 25 мг/кг в хладагентах в результате их разложения образуется соляная и плавиковая кислоты, вызывающие деградацию смазочных свойств масел, коррозию конструкционных материалов и разрушение изоляции обмоток электродвигателей герметичных и полугерметичных компрессоров. Поэтому перед каждой заправкой хладагентом *CFC* оборудование обезвоживают.

Для хладагентов категории *HCFC* и *HFC* (за исключением *R22*) отсутствуют общепринятые значения предельно допустимых концентраций. Горение может начаться, если, например, *R22* и *R134a* смешать с воздухом при высоком давлении и нагреть до высокой температуры. Сочетание таких условий маловероятно, однако при выполнении определенных работ, например, при сварке сосудов, в которых находилась или находится смесь одного из этих хладагентов с воздухом или кислородом, принимают меры предосторожности. При обращении с хладагентами любой категории следует избегать скопления паров.

Пары хладагентов тяжелее воздуха, поэтому они могут накапливаться внизу. Рабочие места должны хорошо проветриваться. Следует избегать попадания хладагентов на руки и открытые участки кожи, так как это может вызвать обморожение. Хладагенты *R123* и *R141b* не вызывают обморожения, однако уничтожают естественную жировую смазку кожи, делая ее доступной для инфекций. Следует защищать глаза от выбросов хладагента, предохранять баллоны, в которых находились или находятся какие-либо хладагенты, от повреждений и перегрева. При несчастных случаях не использовать лекарственные средства семейства адrenalина-эфедрина. В сочетании с чрезмерной концентрацией паров хладагента эти средства могут стать причиной сердечной аритмии. Из всех хладагентов, принадлежащих к категориям *CFC*, *HCFC* и *HFC*, один из них, а именно *R22*, заслуживает особого упоминания. Этот хладагент категории *HCFC* входит в число традиционных хладагентов (за исключением аммиака).

Хладагент *R600a* (изобутан) рассматривается в последнее время как возможный заменитель других хладагентов, оказывающих сильное воздействие на окружающую среду, в бытовых холодильниках. Это вещество, являющееся частью нефтяных газов, имеет практически нулевые потенциалы истощения озона (*ODP*) и глобального поте-

пления (GWP). В европейских странах (особенно в Германии) более 90% холодильников заправляют $R600a$ в качестве хладагента. Свойства хладагента $R600a$ отличаются от свойств других хладагентов, используемых в бытовых холодильниках. Так, при -25°C испарение $R600a$ составляет примерно 55% от уровня $R134a$. В связи с этим его температура кипения на 15 градусов выше, а рабочее давление в холодильном агрегате ниже. Основной недостаток хладагента $R600a$ обусловлен опасностью его воспламенения.

Это свойство требует осторожного обращения с ним и принятия мер безопасности. Смеси изобутана с воздухом способны воспламениться в широком диапазоне концентраций. Аварийная обстановка возможна при наличии двух предпосылок – воспламеняющейся смеси газа и воздуха и источника воспламенения с определенным уровнем температуры. С целью предупреждения подобной комбинации компрессоры, работающие на хладагенте $R600a$, оборудуют устройствами и пускозащитными реле, предотвращающими вылет искр. Помещение должно хорошо проветриваться. Обслуживанием и ремонтом холодильников, работающих на $R600a$, должен заниматься хорошо подготовленный персонал. Диагностическое оборудование обслуживающего персонала должно отвечать требованиям $R600a$ по качеству откачки и точности заправки. Точность дозы заправляемого хладагента обеспечивают электронными весами. Производство хладагентов представляет собой сложный технологический процесс, требующий больших капитальных вложений. Например, производство классического хладагента $R22$ осуществляют путем фторирования безводной плавиковой (фтористоводородной) кислоты в жидкой или паровой фазе согласно реакции $\text{CHCl}_3 + 2\text{HF} = \text{CHClF}_2 + 2\text{HCl}$.

Реакция в жидкой фазе, как правило, происходит в присутствии катализатора хлорокиси сурьмы, а в газовой фазе катализатором являются соли хрома. Получаемое при этом фторсодержащее соединение обладает большей летучестью, чем хлорводород, образующийся на выходе.

Производство одной тонны $R22$ требует 1,4 тонны хлороформа и 0,5 тонны плавиковой кислоты. Масса получаемой в качестве побочного продукта 33%-й соляной кислоты в результате растворения хлороводорода в воде достигает 2,5 тонны. Хладагенты разливают в специальные емкости – стальные баллоны, бочки, цистерны.

Некоторые изготовители поставляют на продажу свою продукцию в малых емкостях из алюминия. Такие емкости, имея достаточную прочность, вдвое легче. Для сосудов, специально предназначенных для слива в них хладагентов, которые подлежат регенерации, предусмотрена зеленая флуоресцирующая окраска, тогда как чистые сосуды для неиспользовавшихся или регенерированных хладагентов окрашиваются в различные цвета в зависимости от марки хладагента (ярко-зеленый для R 22; бледно-голубой для R134a; розовый для R142b).

Число холодильных установок, использующих хладагенты категории *CFC* (хлорфторуглероды), большое. Трудности снабжения хладагентами *CFC*, повышая вероятность длительных простоев такого оборудования, требуют проведения технических обслуживаний по замене хладагентов *CFC* озонобезопасными хладагентами *HFC* (*R134a* и *R404a*). Озонобезопасные хладагенты *HFC* (фторуглеводороды) не содержат хлора (в отличие от *CFC* (*R12* и *R502*)), и, имея нулевой потенциал разрушения озона, оказывают слабое влияние на парниковый эффект перегрева земной атмосферы (рис. 3.3.4.4.4a). Однако использование этих хладагентов обостряет ряд существующих проблем при сборке оборудования и его техническом сервисе. Замена хладагентов *CFC* на хладагенты *HFC* в эксплуатируемых холодильных установках является сложной и дорогостоящей операцией.

Использование хладагентов *HFC* требует соблюдения многочисленных предосторожностей и порождает ряд проблем. 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 должна проводиться только в среде нейтрального газа (азота) во избежание образования окислов.

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.

Изготовленные из ранее применявшихся материалов, уплотнительные прокладки могут оказаться менее надежными при работе в среде *HFC*. Подбор трубопроводов под новые хладагенты произво-

дят 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 уравниванием. Требуется установка фильтров-осушителей с мелкой сеткой, более чувствительных смотровых стекол, и иногда даже требуется менять компрессоры.

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». Эфирные масла гигроскопичны. Предельное время нахождения открытой канистры с эфирным маслом на воздухе составляет лишь 15 минут. Смесь «эфирное масло + *HFC* + вода» образует агрессивную и опасную фторводородную кислоту. В частности, новый компрессор, заправленный эфирным маслом, поставляется полностью обезвоженным. Во время сборки и установки его внутренние полости должны оставаться изолированными от окружающей среды, чтобы избежать загрязнения масла влагой, которая содержится в воздухе. Различная природа антиокислительных и противоизносных добавок смешиваемых эфирных масел делает общую вязкость смеси непрогнозируемой (рис. 3.3.4.4.4б).

Такая смесь эфирных масел перестает смешиваться с озонобезопасными хладагентами *HFC*. Потеря смешиваемости ускоряется, если эфирное масло загрязнено минеральным маслом (повсеместно используемым с *R12*). Если смешиваемость масла и хладагента ухудшается, то масло теряет возможность возвращения в картер, вызывая разрушение компрессора. В зависимости от условий работы (прямой цикл расширения, затопленный испаритель, высокая или низкая температура испарения, испаритель над или под компрессором, большая протяженность трубопроводов) максимально допустимое содержание минерального масла в эфирном масле достигает 1%. Нужно удалять из холодильного контура следы минерального масла. Это возможно после нескольких промывок.

Эфирное масло является более плохим 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 (рис. 3.3.4.4в) 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 (хладагент *HFC* не содержат хлора). Гибкие шланги или трубки, применяемые для холодильного контура с хладагентами *HFC*, характеризуются повышенной герметичностью и химической совместимостью.

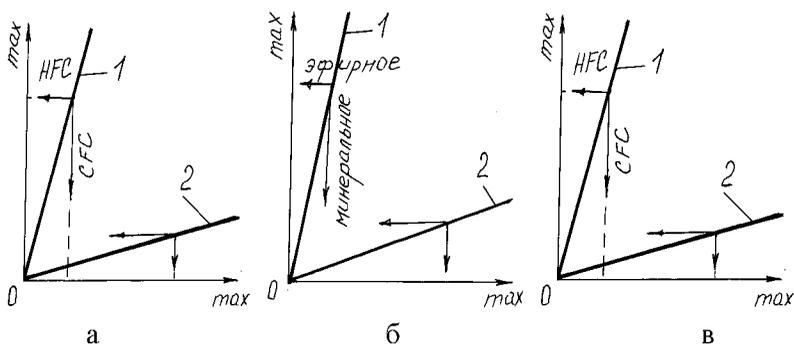


Рисунок 3.3.4.4.4 Сравнительная характеристика хладагентов и масел и эксплуатационно-конструктивных требований к установкам:
 а) хладагентов (1 – перетекание; 2 – парниковый эффект); б) масел (1 – очищающие свойства; 2 – смешиваемость); в) установок (1 – вакуумная плотность; 2 – допустимые потери)

Чтобы обойти эти сложности, в настоящее время разработаны переходные хладагенты. Переходные хладагенты позволяют переобо-

рудовать холодильные установки с минимальными доработками. Эти промежуточные хладагенты являются смесями хладагентов категории *HCFC* и *HFC*. Их используют для продления эксплуатации существующих установок с минимальными издержками. Общая последовательность действий при переоборудовании холодильной установки (она может претерпевать изменения в зависимости от типа первоначально заправленного хладагента *CFC* и выбранного для замены хладагента *HCFC*) включает шесть пунктов.

1) Уточняют параметры холодильного оборудования (давление, температуру, перегрев, переохлаждение, потребляемый ток) при работе на хладагенте *CFC*. Диагностируют холодильный контур и обеспечивают его герметичность. Индикатор влажности внутри смотрового стекла должен показывать, что контур сухой, а контроль кислотности масла компрессора должен свидетельствовать об отсутствии кислот. Причины их отклонений устраняются до начала переоборудования холодильной установки.

2) Составляют перечень материалов и комплектующих элементов (новый хладагент и компрессорное масло, фильтры и сальники, терморегулирующие вентили) и приборов (течеискатели, термометры, мультиметры, весы, вакуум-заправочная станция, рециклинговые емкости и емкости для старого масла, установка для откачки хладагента) для переоборудования холодильного оборудования.

3) Закрывают жидкостной вентиль и перекачивают хладагент в ресивер. Затем сливают для экономии времени хладагент *CFC* в жидкой фазе. После откачки из установки остатков хладагента, находящихся в контуре в газовой фазе, взвешивают весь слитый хладагент (результаты взвешивания понадобятся при выполнении операции заправки).

Затем сливают минеральное масло, соблюдая правила обращения с обычными маслами, и очищают все компоненты холодильного контура от минерального масла путем использования эфирного масла и хладагентов (*R12* или *R134a*) или растворителя.

Если применяется первая процедура (рис. 3.3.4.4.5а), то после слива минерального масла холодильная установка будет работать в переходном режиме на смеси хладагента и эфирного масла. Для достижения допустимого уровня содержания остатков минерального масла в зависимости от размера установки 2–3 раза меняют эфирное масло. После удаления хладагента *R12* и выполнения всех необхо-

димых замен и регулировок холодильную установку вакуумируют (высушивают) и заполняют хладагентом R134a .

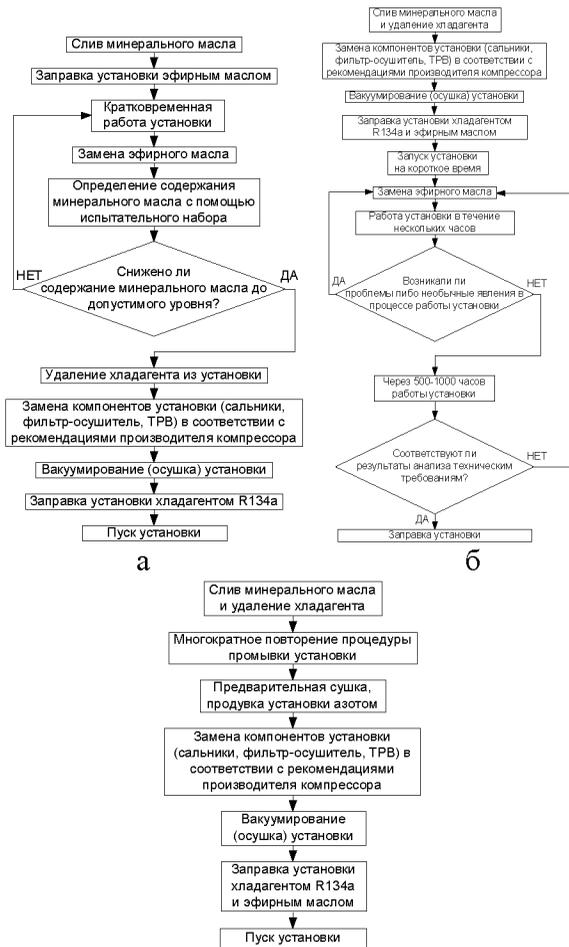


Рисунок 3.3.4.4.5 Процедуры удаления минерального масла: а) эфирное масло и хладагент R12 ; б) эфирное масло и хладагент R134a ; в) промывка холодильной установки растворителем

Во второй процедуре (рис. 3.3.4.4.5б) первым шагом является слив минерального масла и удаление хладагента R12 . После выпол-

нения всех необходимых замен и регулировок холодильную установку вакуумируют (высушивают) и заполняют хладагентом *R134a*. Затем холодильную установку включают на 2–3 часа и заменяют отработанное эфирное масло свежим. Установку вновь включают и наблюдают за ее работой. При возникновении отклонений от нормальной работы установку отключают и вновь заменяют эфирное масло. Если же установка работает удовлетворительно, то по прошествии примерно 1/3 сервисного периода ее эксплуатации производят анализ пробы эфирного масла (выполняется в специализированной лаборатории) и необходимости дополнительной его смены.

В третьей процедуре (рис. 3.3.4.4.5в) промывку холодильной установки производят растворителем (эфиры бензина и другие углеводороды). Использование этих веществ исключает многократную смену эфирного масла. Кроме того, отработанный растворитель можно очистить посредством его дистилляции и использовать повторно. Если применять растворитель на основе хлора (например, *CFCR11*), то в холодильной установке после окончания процедуры не должно оставаться его следов: образующиеся свободные ионы хлорида будут вступать в реакцию с маслом и способствовать электроосаждению меди. В настоящее время для промывки контура часто рекомендуется относительно дорогой способ промывки эфирным маслом (или эфиром).

4) Заливают свежее масло в компрессор (в соответствии с инструкциями разработчика компрессора) в том же количестве, которое было слито.

5) Меняют фильтр-осушитель. Устанавливают фильтр на всасывающей магистрали компрессора. Вакуумируют с целью удаления любых следов *CFC*. Заправляют находящуюся под вакуумом установку смесью *HCFC* в жидкой фазе.

Смеси *HCFC* имеют температурный гистерезис (температуру скольжения) при изменении агрегатного состояния. Однако для *HCFC* этот гистерезис вовсе не является малым, поскольку для некоторых переходных смесей, заменяющих *R12*, он может превышать 8°C (для смесей, замещающих *R502*, он, как правило, менее 2°C). Поэтому заправка или дозаправка установок хладагентами *HCFC* должна обязательно проводиться только по жидкой фазе (рис. 3.3.4.4.6).

При работе с такими смесями ремонтник не сможет определить температуру хладагента в испарителе или конденсаторе по показани-

ям манометра (как он мог это делать при работе с $R12$, $R22$, и $R502$) вследствие неоднозначности соотношения «давление-температура» из-за известного гистерезиса. Следовательно, нужно иметь в распоряжении таблицы производителя (или специальную линейку с номограммами, что более удобно для монтажной площадки), дающие различные зависимости между давлением и температурой для используемой смеси.

Однако при данном давлении из-за температурного гистерезиса таблицы (или линейка) дают две разных температуры: точку росы яр и температуру вскипания. Точка росы указывает температуру паров в конце испарения или в начале конденсации (100% паров без всякого перегрева). И, наоборот, точка вскипания представляет собой температуру жидкости в начале испарения или конце конденсации (100% жидкости без всякого переохлаждения).

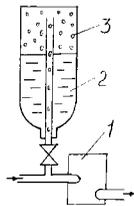


Рисунок 3.3.4.4.6 Заправка паров летучего компонента:

1 – компрессор; 2 – жидкий хладагент; 3 – пары хладагента

Сравним работу на $R12$ (гистерезис равен 0°C) с работой на смеси HCFC , которую мы будем называть «X» и гистерезис которой равен, например, 7°C (для максимального упрощения будем считать потери давления в испарителе равными нулю). При избыточном давлении 1,5 бара на выходе из испарителя температура кипения $R12$ равна минус 6°C (рис. 3.3.4.4.7а).

Это означает, что парожидкостная смесь в испарителе в течение всего процесса испарения жидкости остается при температуре минус 6°C . Однако в случае смеси HCFC «X» при том же давлении на выходе в испаритель жидкость имеет температуру около минус 11°C (вскипания), постепенно повышаясь по мере испарения и продвижения в испарителе, чтобы в конце него достичь температуру минус 4°C , когда испарится последняя капля жидкости. В обоих случаях после этого температура паров на выходе из испарителя повышается в

результате одного и того же перегрева (здесь 6°C), достигаемого в месте крепления термобаллона терморегулирующего вентиля.

При избыточном давлении 10 бар в конденсаторе (рис. 3.3.4.4.7) температура конденсации $R12$ равна 45°C . Это означает, что парожидкостная смесь $R12$ остается при температуре 45°C и течение всего процесса конденсации. Однако в случае смеси $HCFC$ «X» при том же давлении температура парожидкостной смеси в начале конденсатора составляет 50°C .

А далее по мере продвижения по конденсатору и продолжения конденсации температура постепенно падает, достигая 43°C (вскипания), когда сконденсируется последняя молекула пара. После этого в обоих случаях сконденсировавшаяся жидкость переохлаждается на одну и ту же величину (здесь 5°C) до тех пор, пока не дойдет до выхода из конденсатора.

В случае хладагента с большим гистерезисом перегрев паров нужно оценивать по отношению к точке росы (пар), а переохлаждение жидкости - по отношению к точке вскипания (жидкость). При работе с хладагентом «X» неопытный ремонтник может посчитать, что перегрев повышен, так как составляет $2 - (-11) = 13^{\circ}\text{C}$ вместо 6°C , или переохлаждение повышено, так как составляет $50 - 38 = 12^{\circ}\text{C}$ вместо 5°C , и на основе необычных данных строить предположения о неисправностях. Однако он может также посчитать, что перегрев завышен, в то время как компрессор «глотает» жидкость, или что переохлаждение нормальное, тогда как оно равно нулю. На практике на выходе из терморегулирующего вентиля уже имеется парожидкостная смесь (порядка 80% жидкость + 20% пара для большинства установок). Это означает, что реальная температура вскипания достигается внутри терморегулирующего вентиля. Следовательно, температура на входе в испаритель выше, чем температура вскипания, снижая действительный гистерезис (рис. 3.3.4.4.7в).

Более того, потери давления в испарителе снижают давление хладагента на выходе из испарителя, а, следовательно, уменьшают и его температуру (действительная точка росы ниже, чем теоретическая), снижая действительный гистерезис. Такое двойное уменьшение приводит к тому, что некоторые хладагенты с небольшим гистерезисом (например, переходные смеси $HCFC$ для замены $R502$) можно считать квазиазеотропными. Однако переходные смеси для замены $R12$ обладают гораздо более значительным гистерезисом (до 8°C), пренебрегать которым невозможно.

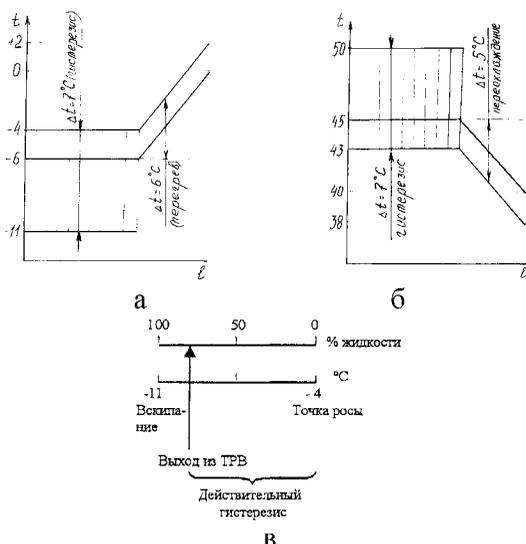


Рисунок 3.3.4.4.7 Термодинамические процессы:
 а) испарителя; б) конденсатора; в) гистерезис хладагента

В зависимости от хладагента заливают в контур через жидкостную магистраль, порядка 70–80% от массы слитого ранее хладагента *CFC*, и запускают компрессор. Во время периода выхода установки на номинальный режим необходимо наблюдать за значением перегрева.

Может случиться так, что терморегулирующий вентиль для хладагента *R12* окажется в составе установки, работающей на хладагенте *R134a*, а терморегулирующий вентиль для хладагента *R502* будет установлен в контуре, заправленном хладагентом *R404a*. В зависимости от используемого переходного хладагента и его температурного гистерезиса может потребоваться настройка перегрева, а иногда и смена сопла терморегулирующего вентиля. Наконец, если потребуется дозаправить установку, делать это нужно всегда только в жидкой фазе.

б) В конце процедуры переоборудования следует проверить настройку задающей аппаратуры (термостаты, прессостаты) и предохранительных устройств, осуществить поиск возможных утечек и промаркировать установку, указав тип хладагента и марку масла. Рекомендуется также осуществить профилактический контроль характеристик масла с целью предупреждения последующих отклонений.

3.3.5 Оборудование навозоудаления

Срок службы навозоуборочных транспортеров определяется в основном долговечностью деталей тяговых органов (цепей, тросов, лент, звездочек и других), что вызвано условиями их работы. Находящиеся в помещениях животные, а также проводимые здесь процессы заготовки, переработки кормов и транспортировки навоза создают микроклимат, отличающийся от внешней атмосферы повышенным содержанием различных газов и пыли, а также переменной влажностью и температурой воздуха. В большинстве случаев транспортеры, применяемые на фермах и комплексах, имеют большие габаритные размеры и нетранспортабельны. 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 планка — ось 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 на свободной ветви на расстоянии 4–6 метров от натяжного устройства, предварительно очистив на этом участке канал от навоза. 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 (рис. 3.3.5.1).

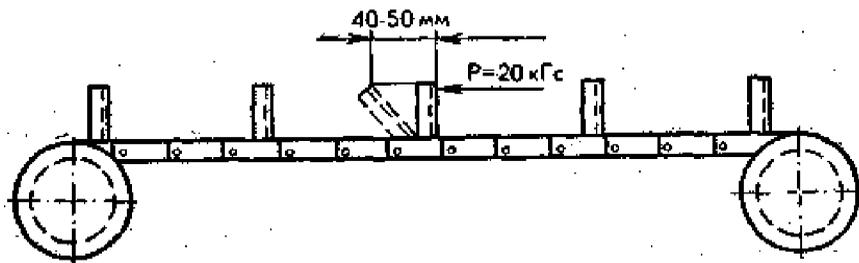


Рисунок 3.3.5.1 Схема проверки натяжения тяговой цепи транспортера ТСН-3,0Б

Возможные неисправности скребкового транспортера ТСН – 160 их причины и способы устранения приведены в таблице 3.3.5.1.

Таблица 3.3.5.1 - Возможные неисправности скребкового транспортера ТСН – 160, их причины и способы устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
Холостая ветвь цепи движется рывками Оборвалась цепь горизонтального транспортера	Недостаточно натянута цепь Перегружен транспортер, недостаточно натянута цепь	Натянуть цепь Скрепить цепь при помощи соединительного звена. После этого натянуть цепь
Соскакивает цепь наклонного транспортера с нижней звездочки	Недостаточно натянута цепь. Цепь со скребками примерзает к корыту	Натянуть цепь. Очистить желоб и скребки
Отгибаются и даже ломаются скребки горизонтального транспортера	Скребки задевают за стенки желоба или неровный пол, попали (посторонние предметы, неисправно приспособление для подъема скребков)	Устранить дефекты навозного желоба
Электродвигатель включается, но цепь не движется	Недостаточное натяжение клиновых ремней приводной станции	Снять ограждение и натянуть ремни

Натяжение горизонтального транспортера регулируют натяжным устройством (рис. 3.3.5.2а). 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. Эта операция обычно занимает много времени.

Для облегчения работы при разъединении и соединении цепи транспортера рекомендуется применять специальное приспособление (рис. 3.3.5.2), состоящее из винта 2 с правой и левой резьбой, двух зацепов 1 с внутренней резьбой и стержня 3. 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.

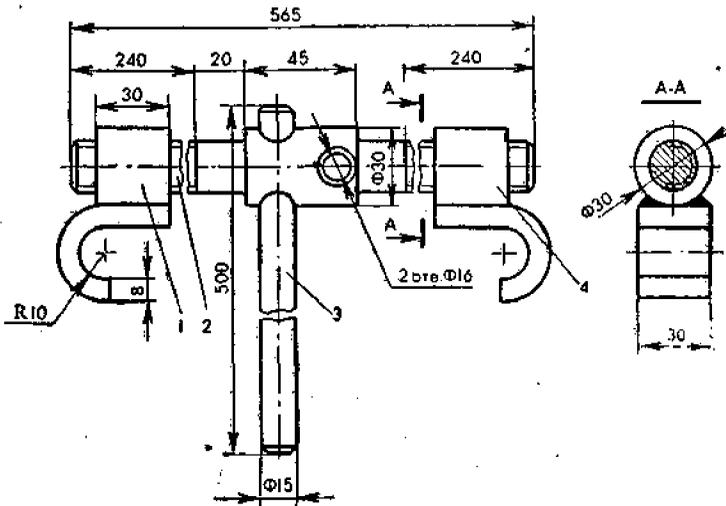


Рисунок 3.3.5.2 Приспособления для натяжения тяговых цепей:

1 – гайка M20x2,5 левая с зацепом; 2 – винт; 3 – вороток; 4 – гайка M20x2,5 правая с зацепом

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 свар-

кой. Применение гидравлического прибора (рис. 3.3.5.3а) сокращает время проверки и регулировки натяжения цепей, позволяет поддерживать величину натяжения в допустимых пределах. Прибор представляет собой рычажное устройство (7), одни концы рычагов которого являются свободными, другие — соединены с гидроцилиндром двустороннего действия (5). На гидроцилиндре установлен манометр (1), масляный бачок (4) и ручной насос (8), которые посредством системы маслопроводов (2), перепускных вентилей (3), обратных клапанов (6) соединены с полостью гидроцилиндра.

Участок цепи из 3—8 звеньев захватывают концами свободных рычагов, затем ручным насосом нагнетают в штоковую 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. После нахождения действительного натяжения цепи определяют по графику (рис 3.3.5.3б) величину на которую надо натянуть цепь. Схема смазки приведена на рисунке 3.3.5.4.

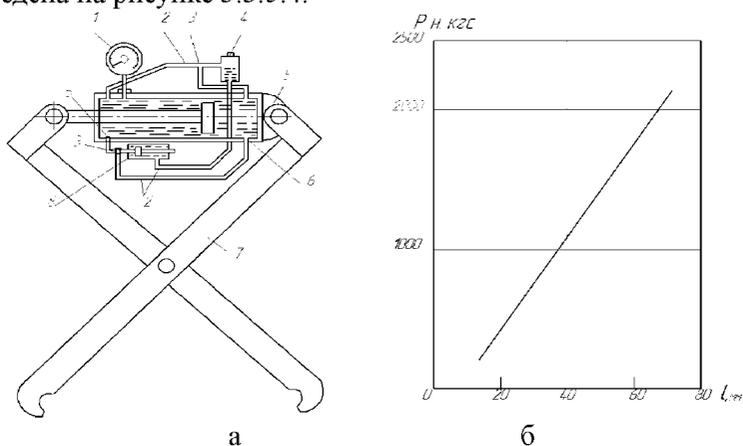


Рисунок 3.3.5.3 Приспособления для натяжения тяговых цепей: а — гидравлическое (1 — манометр; 2 — маслопроводы; 3 — вентили перепускные; 4 — бачок масляный; 5 — гидроцилиндр; 6 — клапаны обратные; 7 — устройство рычажное; 8 — насос ручной); б — график для определения необходимости натяжения цепи

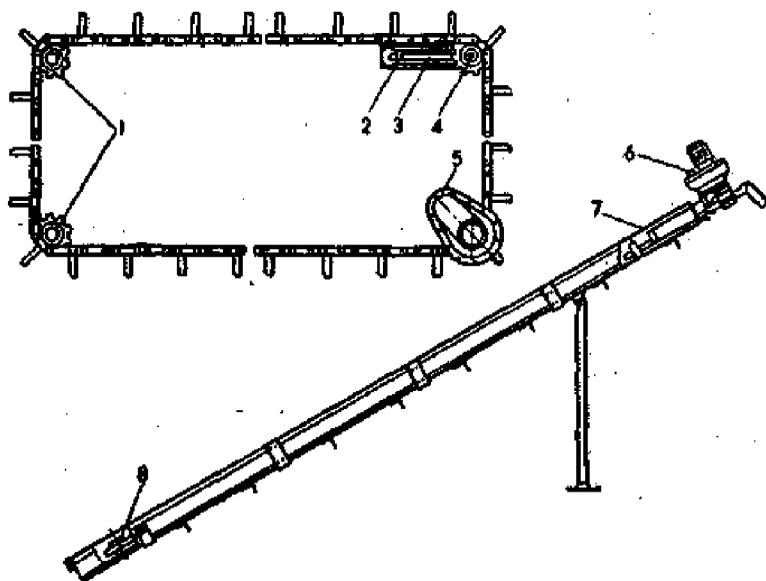


Рисунок 3.3.5.4 Схема смазки транспортера ТСН-3,0Б:

1 — подшипники поворотных устройств; 2 — подшипники натяжного винта; 3 — натяжной винт; 4 — подшипники натяжной звездочки; 5 — редуктор горизонтального транспортера; 6 — редуктор наклонного транспортера; 7 — винт натяжной; 8 — подшипники звездочки наклонного транспортера

В процессе работы транспортера в холодное время года скребки транспортера примерзают к днищу. Скотники перед включением транспортера не освобождают примерзшие скребки и цепи. Включение транспортера в таком состоянии вызывает обрыв скребков или перегорание электродвигателя транспортера. Применяют специальное защитное устройство от примерзания. В основу работы устройства положен принцип, не позволяющий находиться транспортеру в состоянии покоя такое количество времени, которое необходимо для примерзания скребков и цепи к корыту наклонного транспортера. 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, так как во

При уборке навоза в теплое время года управление приводом транспортера осуществляется известным способом. При включении кнопки КУ срабатывает магнитный пускатель и двигатель включается. Выключатель рода работ стоит в положении "Руч". В холодное время года переключатель рода работ ставится в положение "Авт.". Контакт датчика ДТКБ-49 замыкается. Через замкнутый контакт реле Р включается магнитный пускатель типа ППМ. Реле Р с временной задержкой срабатывает и отключает магнитный пускатель ППМ. Двигатель отключается. Одновременно подается питание на нагреватель Rз. 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". Включив кнопку КУ, срабатывает магнитный пускатель и двигатель включается для уборки навоза. По окончании уборки выключатель рода работ снова переводится в автоматический режим. Предлагаемое устройство позволяет исключить лишние операции в работе скотников и сокращает тем самым затраты труда на 12%.

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 при монтаже новых и ремонте старых с заменой болтов монтировать в бетонном фундаменте 2 (рис. 3.3.5.6) трубу 3 диаметром 300 мм и длиной 1000 мм.

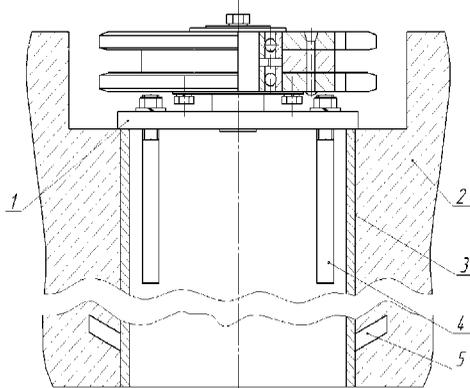


Рисунок 3.3.5.6 Крепление поворотного блока транспортера

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. Это дает возможность без замены бетона восстановить работоспособность транспортера, улучшить качество технического обслуживания.

Узлы пластинчатых навозоуборочных транспортеров ремонтируют на специализированных участках мастерских или станций технического обслуживания. Узлы и детали транспортера, поступившие в ремонт, подлежат очистке и мойке. Очистку участков цепи проводят в галтовочных барабанах промышленного типа, например ОРК-44. Предложено несколько конструкций галтовочных барабанов, рабочий орган которых (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. Узлы и детали моют в моечных машинах периодического действия или в конвейерных машинах непрерывного действия.

Разборку узлов проводят в следующей последовательности. Трудноразъемные соединения участков цепи разбирают с применением газовой резки или срезают болты на прессах с помощью специальных приспособлений. Дефектуют детали на специальном рабочем месте, расположенном рядом с разборочно-моечным оборудованием. При ремонте скребковых транспортеров восстанавливают шаг цепи. Из всех способов ремонта цепей наиболее экономичен и технологически выгоден тот, при котором планки реставрируют обжатием (пластическим деформированием) в нагретом состоянии, а изношенные соединительные оси заменяют новыми.

Преимущество такого способа ремонта состоит в том, что реставрация 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 реставрированных и новых планок.

Для обжима планок применяют стенд типа 8804. 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. Применение индукционного нагрева при: восстановлении планок значительно повышает производительность труда и культуру производства, резко снижает выгорание углерода и образование окалины на поверхности планок. Стенд (рис. 3.3.5.7а) состоит из сварного каркаса и смонтированных в нем гидроцилиндров Ц-90 и Ц-75, двух напорных золотников с обратными клапанами типа ПВГ 66-14 и насосной станции с насосом НШ-32, привод которой осуществляется от электродвигателя АО-2-51-4 мощностью 10 кВт. Рабочий и холостой ход цилиндров управляется одной рукояткой от гидрораспределителя Р-75. Рабочее давление в гидросистеме стенда регулируется с помощью напорных золотников и регулировочного устройства гидрораспределителя и устанавливается в пределах 7,5... 8 МПа. Штоки цилиндров (бокового и торцевого обжима) посредством рычагов соединены с формообразующими частями штампа, шток верхнего цилиндра соединен с рабочими частями штампа непосредственно. Стенд обслуживает один человек. Производительность стенда — 30 планок в час, габаритные размеры — 800X1080X1500 мм.

Для восстановления формы и размеров отверстий в планках, а также межцентрового расстояния между ними используют специальный штамп с механизмом удаления восстановленных деталей (рис. 3.3.5.7б). Штамп крепится к плите стенда четырьмя болтами. Верхняя плита (7) с помощью хвостовика (9) соединяется со штоком верхнего цилиндра и с закрепленными на ней пуансонами (4) и (5), перемещается вертикально по направляющим колонкам (2). 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 торцевое обжатие планки. За счет перераспределения металла обеспечивается восстановление изношенных отверстий планок до номинальных размеров.

При раскрытии штампа движением штока вверх рычажный выбрасыватель (10) подводится под верхнюю часть штампа, а восстановленная планка с помощью толкателей (8) и прижима-съемника (6) снимается с калибровочных пуансонов (4) и падает на выбрасыватель (10). При опускании верхней части штампа для следующего цикла выбрасыватель (10) с находящейся на ней планкой выводится из полости штампа; планка сбрасывается в наклонный лоток и по нему поступает в накопительную тару. Нагрев восстанавливаемых планок рекомендуется проводить на высокочастотной установке с ламповым генератором типа ВЧИ-2-100/0066. Она обеспечивает нагрев такого количества деталей, которое необходимо для бесперебойной работы двух станков типа 8804. В специальном индукторе к установке можно одновременно нагреть от двух до четырех планок за 6...7 с до температуры 850...900°С.

Индуктор изготавливают из профилированных трубок красной меди. Витки индуктора изолируют друг от друга и от нагреваемых деталей. Для этого каждый виток сначала обматывают тонкой ниткой шнурового асбеста, пропитанного обмазкой из шамотного порошка (60%) и шамотной глины (40%), разведенной жидким стеклом до сметанообразного состояния. Изоляцию просушивают на воздухе в течение 6...8 ч путем периодического нагрева в индукторе 2...3 планок до полного затвердевания обмазки.

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 $390 \pm 10^\circ\text{C}$ с учетом получения высоких механических свойств планок, отвечающих условиям их работы. Полученная после отпуска структура стали обладает достаточной износостойкостью при работе сопряжения с большими удельными давлениями и малыми скоростями скольжения и повышенной пластичностью, исключающей поломку планки при действии на нее изгибающих и ударных нагрузок. Отпуск планок рекомендуется проводить в стандартных печах конвейерного типа, например СКЗ-04.30.01/7.

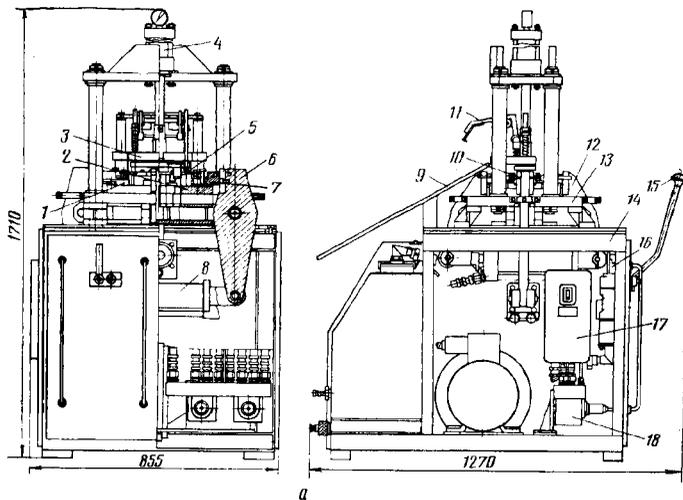


Рисунок 3.3.5.7 Стенд для восстановления планок цепи:
а — схема стенда: 1 — направляющая; 2 — матрица; 5 — штамп; 4 — гидроцилиндр бокового обжима; 5, 10 — пуансоны; 6 — механизм торцевого обжима; 7 — каретка; 8 — гидроцилиндр торцевого обжима; 9 — лоток; 11 — извлекатель; 12 — механизм бокового обжима; 13 — опорная плита; 14 — каркас; 15 — рукоятка; 16 — кнопочная станция; 1/7 — электропривод; 18 — гидропривод; *б* — штамп с механизмом удаления восстановленных планок: 1 — матрица; 2 — колодка; 3 — фиксатор; 4 — калибровочный пуансон; 5 — пуансон перегиба упора; 6 — прижим-съёмник; 7 — верхняя плита; 8 — толкатель; 9 — хвостовик; 10 — выбрасыватель.

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.

Изношенную поверхность пятки скобы восстанавливают методом приварки дополнительной детали (накладки), изготовленной по форме поверхности скобы из пластины размером 50x55x5 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.

При ремонте узлов старую краску с поверхностей металлических деталей снимают частично или полностью специальными растворами (уайт-спиритом, ацетоном, 8...12%-ным раствором каустической соды) или пастами, например щелочной пастой. Перед покраской поверхности обезжиривают.

Узлы и детали, не прошедшие мойку, протирают ветошью, смоченной в уайт-спирите, и просушивают. Поверхности узлов рекомендуется окрашивать серой или светло-серой эмалью, подогретой до 50...70°C в один слой. Окраску проводят при температуре окружающего воздуха не ниже 10°C и влажности не выше 70%. Пленка покрытия должна быть прочной, сплошной, без подтеков, морщин, пузырей и приставших загрязнений.

Пневматические установки используются для подачи навоза в навозохранилища при уборке его в животноводческих помещениях скребковыми транспортерами. При загрузке продувочных баков в них подается и вода. В результате навоз получается, как правило, полужидким. Перед монтажом установки продувочные котлы испытывают

на прочность под давлением, несколько превышающим максимальное рабочее. Для этого котел 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 котла удаляют временные заглушки и приступают к его монтажу.

Установка гидравлическая, предназначенная для проведения гидравлических испытаний на прочность и плотность котлов с рабочим давлением до 2,4 МПа, а также для промывки трубопроводов диаметром до 80 мм при длине до 1000 метров, представляет собой гидросистему смонтированную на передвижной тележке (рис. 3.3.5.8). Основом установки является каркас (2) на котором устанавливаются: центробежный насос (3), бак гидропресса (4), гидропресс (5), панель управления (6).

На напорном патрубке центробежного насоса (3), направленном вертикально вверх, крепится гидросистема (7). К горизонтальному патрубку центробежного насоса (3) крепится рукав всасывающий (8). С помощью резьбового соединения к гидросистеме (7) крепится рукав напорный (9). Основной несущей конструкцией стенда является тележка (2), которая состоит из каркаса, сваренного из прямоугольных труб.

Такая конструкция обеспечивает высокую прочность и жесткость тележки при сравнительно небольшой массе. Тележка опирается на три колеса для перемещения установки на месте производства работ. Переднее колесо выполнено поворотным.

Центробежный насос (3) крепится к каркасу тележки (2) болтами и служит для заполнения бака гидропресса (5), испытываемых объектов, промывки трубопроводов и перекачивания неагрессивных жидкостей. Гидросистема, состоящая из трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры и манометров, предназначена для коммутации потоков воды в установке согласно выполняемых технологических операций и контроля давления.

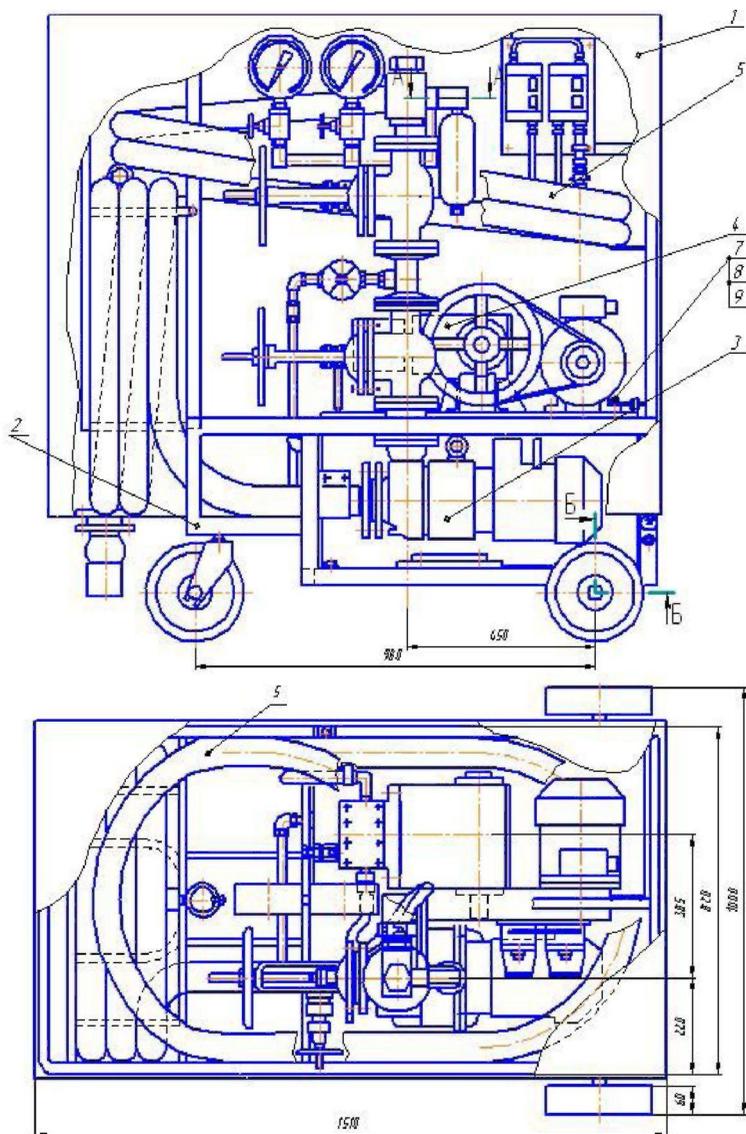


Рисунок 3.3.5.8 Установка гидравлическая:

1 – кожух; 2 – каркас; 3 – насос центробежный; 4 – бак гидропресса; 5 – гидропресс; 6 – панель управления; 7 – гидросистема; 8 – рукав всасывающий; 9 – рукав напорный; 10 – рукав

Гидропресс (5) смонтирован на крышке бака (4) и может сниматься с установки совместно с последней для автономного использования и удобства обслуживания. Гидропресс состоит из насоса высокого давления, двигателя и предохранительного клапана. Привод насоса от двигателя клино-ременной. Гидропресс предназначен для всасывания воды из бака гидропресса через рукав (10) и подачи ее под давлением до 3,2 МПа через шланг II, систему трубопроводов и арматуры и рукав напорный (9) в испытываемый объект. При давлении, превышающем 3.2 МПа, срабатывает предохранительный клапан (давление срабатывания клапана может регулироваться в необходимых пределах) и вода по шлангу сливается в бак гидропресса.

Панель управления (6) установлена в верхней части установки и крепится к каркасу винтами. Панель предназначена для включения и выключения центробежного насоса и гидропресса. Рукав всасывающий (8) соединяется с центробежным насосом. Он оборудован фильтром и обратным клапаном. Рукав служит для соединения емкости, заполненной водой или естественного источника воды с гидросистемой установки. Всасывающий рукав транспортном положении наматывается на кронштейны, расположенные над поворотным колесом тележки. Конец рукава и клапан укладываются на передвижной кронштейн. Рукав напорный (9) соединяется с гидросистемой установки резьбовыми гайками. В транспортном положении наматывается на кронштейны, расположенные в верхней части каркаса, внутри его. Конец рукава укладывается в передвижной кронштейн. Для предохранения от загрязнения в период хранения и транспортировки установка закрывается брезентовым тентом (I) .

Приемный клапан (1), всасывающего рукава (2) (рис. 3.3.5.8) погружают в емкость с водой или естественный водоем. Напорный рукав (7) подключают к испытываемому объекту (промываемому трубопроводу или наполняемой емкости). Для пуска центробежного насоса его необходимо заполнить водой, для этого вывинчивают пробку (16), открывают задвижки (4) (2 шт.) и через отверстие вручную заполняют водой всасывающий рукав и центробежный насос. Закрывают задвижки (4), заворачивают пробку (16). Включают центробежный насос, открывают задвижки (8) и (4) (нижнюю), и заполняют бак гидропресса (10) водой по рукаву (9). Заполнение бака контролируется по водоуказателю (II). Заполнение бака гидропресса можно осуществлять одновременно с заполнением испытываемого объекта водой.

При этом, при заполнении объекта водой, открытием задвижки (8) регулируют заполнение бака гидропресса (10) водой. После заполнения бака (10) задвижку (8) закрывают и продолжают дальнейшее заполнение испытываемого объекта водой.

Перед заполнением испытываемого объекта водой открывают воздушники, расположенные в верхних точках испытываемого объекта, закрывают задвижку (8). Включают центробежный насос, открывают задвижки (4) (2 шт.) и заполняют испытываемый объект водой. При этом все воздушники должны быть открыты до появления из них воды, что свидетельствует о полном вытеснении воздуха из испытываемого объекта. После чего перекрывают воздушники, закрывают нижнюю задвижку (4) и включают центробежный насос.

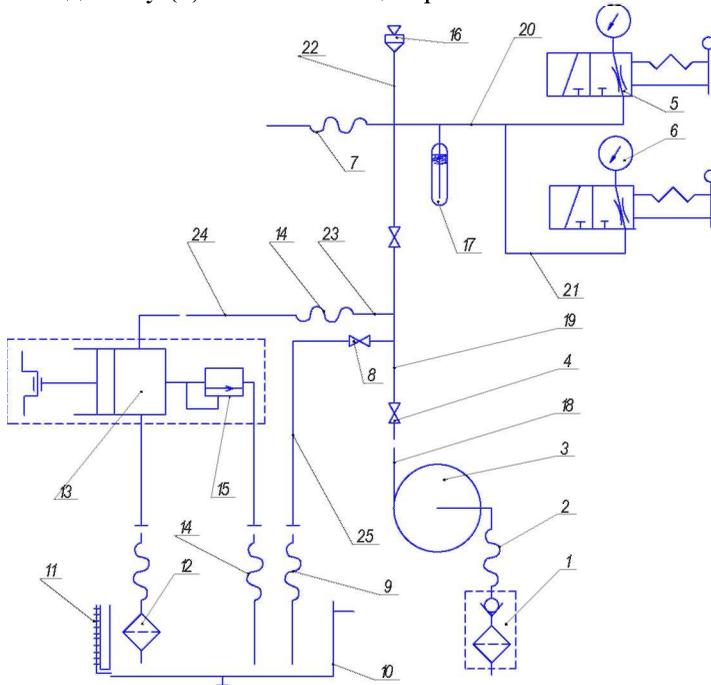


Рисунок 3.3.5.8 Схема гидравлическая принципиальная

- 1 – клапан приемный; 2 – рукав всасывающий; 3 – насос центробежный; 4, 8 – задвижка клиновидная; 6 – манометр; 7 – рукав; 9 – рукав; 10 – бак; 11 – водоуказатель; 12 – фильтр; 13 – гидропресс; 14 – шланг; 15 – клапан предохранительный; 16 – пробка; 17 – демпфер; 18... 26 – линии связи

Испытание объекта на давление до 3,0 МПа выполняется гидропрессом (13). Гидропресс отбирает воду из бака (10) через рукав с фильтром (12) и закачивает ее в испытываемый объект через рукав (14), верхнюю задвижку (4) и напорный рукав (7). Поднятие давления в испытываемом объекте регулируется задвижкой (8) и фиксируется одним из манометров (6). Другой манометр является контрольным. Для включения или отключения манометров от гидросистемы установки установлены кран-демпферы (5). Схемой предусмотрен предохранительный клапан (15), который должен быть отрегулирован на давление 3,2 МПа. При достижении давления в системе 3,2 МПа клапан открывается и вода по шлангу (14) поступает в бак гидропресса. При достижении необходимого испытательного давления в испытываемом объекте закрывают верхнюю задвижку (4), выключают гидропресс и в течение (10) минут контролируют давление по манометру. Если давление не падает, то испытание прекращают. Заполнение водой бака гидропресса и испытываемого объекта может также осуществляться из водопроводной сети. При заполнении бака гидропресса вода из водопроводной системы поступает по напорному рукаву (7) (или через пробку (16)), через верхнюю задвижку (4), задвижку (8) и рукав (9) в бак. При заполнении испытываемого объекта водой водопроводная сеть подключается к пробке (16) посредством муфты G2.

При подготовке установки к работе, опускают всасывающий рукав центробежного насоса в емкость с водой (естественный водоем). Присоединяют нагнетательный рукав к испытываемому объекту. Отворачивают пробку (16) со стояка гидросистемы установки. Открывают задвижки 4 (2 шт.) и вручную заливают водой всасывающий рукав и корпус центробежного насоса. Закрывают нижнюю задвижку (4) и открывают задвижку (8). Включают центробежный насос (3) и заполняют бак (10) гидропресса водой. Закрывают задвижку (8), открывают нижнюю задвижку (4) на стояке и заполняют емкость водой. Выключают центробежный насос (3) и закрывают нижнюю задвижку (4) на стояке. Включают гидропресс (13).

Испытание сосудов работающих под давлением должно производиться персоналом, прошедшим инструктаж о порядке и последовательности испытаний и соблюдения техники безопасности под непосредственным руководством производителя работ или

мастера. Испытания проводятся в соответствии с требованиями проекта, утвержденной технологии и соответствующих нормативных документов.

Гидравлическое испытание сосудов, работающих под давлением, как правило, проводят одновременно на прочность и герметичность. Гидравлическое испытание на прочность и герметичность производится путем заполнения объекта водой (водным раствором). При этом все воздушники должны быть открытыми до появления в них воды, что свидетельствует о полном вытеснении воздуха из объекта.

Далее производится осмотр объекта с целью выявления течей через трещины и не плотности в соединениях; спуск воды (при обнаружении течи) и устранения выявленных дефектов. Затем производится вторичное заполнение объекта водой и постепенный подъем давления до рабочего, предусмотренного документацией, и повторный осмотр трубопровода.

Подъем давления до испытательного и выдержка при этом давлении обычно не менее 10 минут (испытание на прочность); снижение давления до рабочего и окончательный осмотр объекта.

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.

После окончания испытаний воздушники должны быть обязательно открыты, а испытываемый объект полностью освобожден от воды. Во время испытания арматура, установленная на испытываемом объекте и трубопроводах должна быть открыта, дренажи закрыты, а штуцера для подключения КИП и предохранительной арматуры - заглушены.

При наличии на трубопроводе вентилей направление движения испытываемой жидкости при заполнении испытываемого объекта, должно быть только под клапан. Требуемое давление в испытываемом объекте достигается задвижкой клиновой (8) за счет увеличения или уменьшения проходного сечения. Давление в испытываемом объекте контролируют манометрами (6) через кран-демпферы (5).

3.3.6 Стригальные машинки

Распространенной неисправностью стригальных машинок является забивание шерсти под нож машинки. Происходит это в результате слабого прижатия ножа к гребенке, неправильной их установки или нарушения регулировки положения рычага. При неправильной заточке пар свалившаяся 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 или же 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. Электродвигатель привода машинки следует подвешивать шарнирно на подвеске или крючке. Причиной неисправности гибкого вала может явиться прокручивание его сердечника в разрезном наконечнике или его обрыв. Разрезной нако-

нечник укрепляют затяжкой гайки. Скрученные валы нужно заменить или восстановить соединительными муфтами и пайкой. При плохой пропайке отдельные проволочки, особенно внутренних слоев, вытягиваются, тем самым нарушается 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 стригала 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.

Успех работы стригала в значительной степени зависит и от работы наладчика. Рабочее место точильщика оснащают точильным аппаратом ДАС-350, двумя ванночками (7) для промывки ножей и гребенок, шкафом для хранения заточенных пар (рис. 3.3.6.1а). 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 жира 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. Точильщик во время работы сидит на вращающемся стуле (8), высоту которого можно регулировать. Для управления точильным аппаратом служат два выключателя, соединенных с реверсивным магнитным пускателем. Обязательно должно быть местное освещение зоны заточки режущей пары светильником на 36 В. Работоспособность точильного аппарата должна обеспечиваться его систематическим обслуживанием.

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 ГОСТ 3647—71 и одной весовой

части масла АСП-10 ГОСТ 1862—63, которую наносят на остановленный диск перед заточкой каждого ножа и гребенки. Организация рабочего места точильщика на стригальном пункте резко повышает его производительность, что позволяет одному точильщику обслуживать не менее 24 стригалей при их среднесменной выработке по 25—30 тонкорунных овец на каждого.

Рабочее место слесаря-наладчика стригальных машинок обычно включает (рис. 3.3.6.1б) верстак (1) с крышкой из досок толщиной 40 мм, боковые стенки которой закрыты кровельной жстью, 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. В случае неисправности машинки или гибкого вала, а также необходимости замены режущей пары стригаль включает со своего рабочего места лампочку на табло. На сигнал по номеру лампочки наладчик направляется к соответствующему рабочему месту стригалья. Для проверки отлаженных стригальных машинок и валов к верстаку (1) подвешен электродвигатель (7) стригальной машинки с гибким валом.

Неопытные наладчики обыкновенно уделяют большую часть времени налаживанию машинок и замене режущих пар, а это не главное в их работе. Главное научить самих стригалей правильно регулировать машинку и правильно пользоваться ею при работе. Высокой производительности может добиться только тот стригаль, машинка которого всегда находится в полной технической исправности. А научить стригалья этому должен наладчик.

Хороший наладчик считает главным в своей работе обучение стригалей правильному обращению со стригальной машинкой, ее смазке, замене и регулировке режущей пары, приемам правильной стрижки овец. При этом у наладчика больше остается времени на контроль качества стрижки и заточки режущих пар. Он убеждает стригалей отсылать плохо отточенные пары к точильщику на переточку. Как правило, наладчик обслуживает 15—20 стригалей, а опытный точильщик работает с 30 стригальями. Но он устраняет только крупные неполадки в работе машинок, мелкие неисправности исправляют сами стригали.

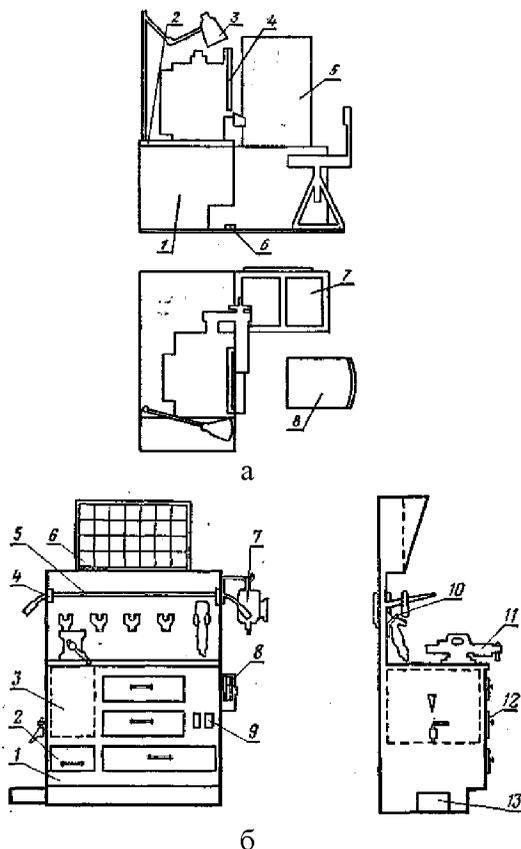


Рисунок 3.3.6.1. Рабочие места:

а – точильщика (1 – верстак; 2, 5 – полки для режущих пар; 3 – светильник; 4 – точильный аппарат; 6 – кнопки управления; 7 – ванночки для промывания режущих пар; 8 – вращающийся стул); *б* – слесаря-наладчика (1 – верстак; 2 – ящик для универсальной смазки; 3 – бак для масел; 4–5 – вешалки для гибких валов; 6 – световое табло для связи со стригальми; 7 – электродвигатель для опробования машинок; 8 – точило с карборундовым камнем; 9 – кнопки управления; 10 – вешалка для машинок; 11 – тиски; 12 – ящики для запасных частей и инструмента; 13 – ящик для сбора масла)

Заточка ножей и гребенок — одна из самых ответственных операций подготовки машинки к работе. От качества их заточки зависят

производительность труда стригалей и качество стрижки. Норму выработки точильщика нужно определять не количеством отточенных режущих пар, а количеством и качеством остриженных овец этими парами. Опытные точильщики не гонятся за количественной выработкой. Они промывают и затачивают режущую пару 1,5—2 мин. Однако каждой отточенной ими режущей парой стригаль может остричь 6—8 овец. Выработка точильщика в значительной степени зависит от того, как он освоил и отработал приемы заточки и организовал свой труд.

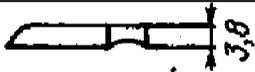
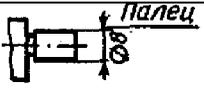
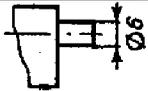
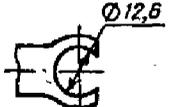
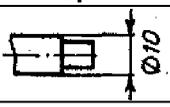
Точильщик, получив режущую пару (нож и гребенку), промывает ее в ванне с керосином при помощи волосяной кисточки. Ножи и гребенки перед заточкой промывают в горячей воде или керосине. Затем на диск точильного аппарата кисточкой наносят тонкий слой наждачной смеси, состоящей из шлифопорошка № 5 ГОСТ 3647-71, автотракторного масла АСп-6 или АСп-10 ГОСТ 1862—63 и керосина, разведенного до состояния, при котором смесь удерживается на рабочей поверхности диска. Включает двигатель точильного аппарата, наносит на диск тонкий слой наждачной пасты, которая состоит из шлиф-зерна, смешанного с индустриальным маслом и керосином до тестообразного состояния. Закончив эту операцию, надевает нож или гребенку на штифты державки, которая подвешена при помощи тяги на кронштейне кожуха точильного аппарата. Зубья ножа или гребенки направляет вверх против вращения диска.

Во время заточки легко прижимает нож или гребенку державкой к диску и перемещает державку медленно вправо и влево. При этом зубья всегда должны находиться на диске. На державку он нажимает легко, не допуская нагрева ножа или гребенки. Он затачивает ножи и гребенки в два приема. На одном диске точильного аппарата затачивает с помощью наждачной пасты или порошка, а на другом доводит их рабочие поверхности, смачивая заточной диск только керосином. При доводке ножей и гребенок он прижимает 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 поверх-

ность. Затачивают при легком нажатии, не допуская их перегрева, до образования новой поверхности.

Таблица 3.3.6.1 Допустимые предельные износы деталей стригальной машинки

Наименование детали	Номинальные размеры, мм	Выбраковочные размеры, мм
Нож		2,0
Гребенка		2,4
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

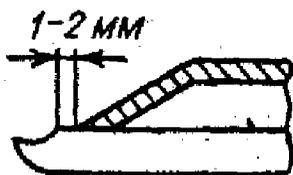
В процессе заточки наблюдается искрение из-под затачиваемой поверхности. При прекращении искрения на поверхность диска вновь наносят пасту. После заточки он промывает режущую пару в керосине и затем вешает ее на гвоздь. На его рабочем месте находится доска с гвоздями, на которые он вешает полученные от каждого стригала затупленные режущие пары. Заточенные пары он также вешает на гвозди, расположенные сбоку от точильного стола. Как только себе-

рется несколько отточенных режущих пар он относит их стригалям. При таком порядке каждый стригаль в течение всего сезона стрижет только своими режущими парами.

Прямолинейность рабочей поверхности ножей и гребенок опытный точильщик проверяет контрольной лекальной линейкой. У хорошо заточенных ножей и гребенок не должно быть 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 он проверяет диск точильного аппарата.

Диск с неровной поверхностью отправляет в мастерскую. Там его протачивают на токарном станке. При многократной заточке концы зубьев гребенки принимают остроконечную форму. Во избежание ранения овец при стрижке он притупляет зубья таких гребенок наждачным точилом или бруском. После этого полирует их концы на деревянном бруске. За час работы опытный точильщик оттачивает 30—35 режущих пар, которыми можно остричь 200—210 голов, и обслуживает 20 стригалей.

Для легкого вхождения гребенки в шерсть необходимо гребенку установить так, чтобы от начала скосов (фасок) гребенки до начала зубьев ножа было расстояние 1—2 мм (рис. 3.3.6.2а). Крайний зуб ножа должен при крайних своих положениях находиться на уровне последнего зуба гребенки (рис. 3.3.6.2б). 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.

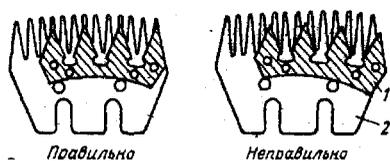


Правильно



Неправильно

а



б

Рисунок 3.3.6.2 Регулировка гребенки стригальной машинки: а – относительно передней кромки ножа («выставка» ножа); б – относительно хода ножа («выставка» гребенки); 1 – нож; 2 – гребенка

Регулировка ролика эксцентрика производится с таким расчетом, чтобы ролик эксцентрика выступал из паза хвостовой части рычага в верхнем его положении на $1/3$ своего диаметра. Такое положение ролика достигается ввинчиванием или вывинчиванием центра вращения. Обычно эту регулировку делают «на глаз», однако более точно можно отрегулировать положение ролика, пользуясь приспособлением (рис. 3.3.6.3а). 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 нажимаем 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 в миллиметрах. Перекос корпуса стригальной машинки определяют специальным прибором (рис. 3.3.6.3б). Прибор состоит из корпуса 4, втулок 6, штуцера 2, пружины 5 и индикаторной головки 5 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 перекос площадки корпуса для крепления гребенки. Отклонение стрелки индикатора до 60 мкм показывает, что площадка имеет перекос в допустимых пределах. Если стрелка индикатора отклоняется больше, чем на 60 мкм,

то необходимо проверить прямолинейность площадки контрольной линейкой и устранить перекос.

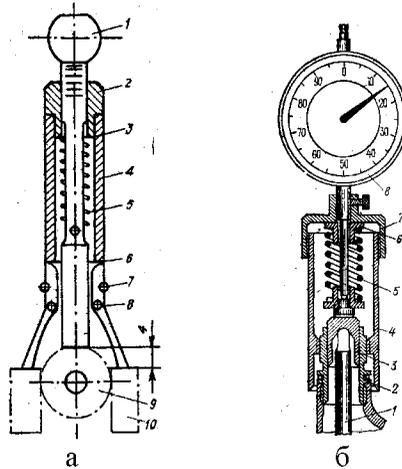


Рисунок 3.3.6.3 Схемы регулировочных приспособлений: а – положения хвостовика рычага (1 – стержень; 2 – пробка; 3 – шайба; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – ножка; 7 – резиновое кольцо; 8 – ось ножки; 9 – ролик эксцентрика; 10 – хвостовик рычага); б – определения перекоса корпуса стригальной машинки: 1 – упорный стержень; 2 – штуцер; 3 – патрон; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – втулка; 7 – колпачок; 8 – индикатор

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 находиться под углом 60° к плоскости гребенки. Эти условия обеспечивают постоянное давление ножа на гребенку во всех его положениях. 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, то ролик в среднем положении рычага выступает из его паза на $1/3$ своего диаметра, то есть примерно на 44 мм.

Упорный стержень головкой меньшего диаметра устанавливают в подпятник рычага, а большего — в нажимной патрон.

При износе сферических головок упорный стержень следует заменить. Так как 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.

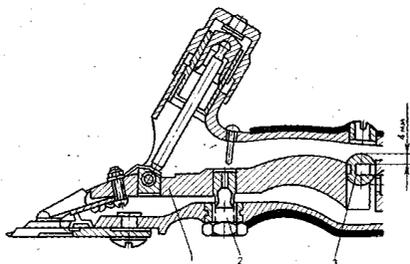


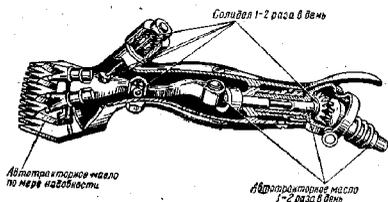
Рисунок 3.3.6.4 Правильное положение рычага в корпусе машинки
1 – рычаг; 2 – центр вращения; 3 – ролик

Перед началом работы машинки проверяют наличие смазки в полости брони и арматуре гибкого вала. Шестерни шарнирного механизма, головки упорного стержня, центра вращения и ролик ежедневно смазывают универсальной среднеплавкой смазкой УС-2 ГОСТ 1033-73. 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,

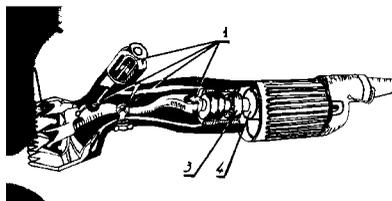
отвинчивают гайку наконечника, снимают наконечник и извлекают вал. Броню протирают ветошью, пропитанной керосином, просушивают вал и покрывают его тонким слоем смазки, предварительно смазав броню жидкотекучим маслом. После 6—8 ч работы вала его повторно разбирают, промывают и смазывают. В последующем смазку заменяют через каждые 25—30 часов работы. Для удаления жиропота режущие пары машинок окунают в горячий 5%-ный раствор кальцинированной соды, а после ополаскивания смазывают автотракторным маслом. При сборке произвести смазку сопряжений согласно карте смазки.

Таблица 3.3.6.2 Карта смазки стригальной машинки МСО-77Б

Место смазки	Кол-во точек смазки	Смазочный материал	Периодичность смазки	Указания по проведению смазки
Головка упорного стержня	2	Солидол УС-2 ГОСТ 1033-73	Один – два раза в смену	Заложить при сборке
Центр вращения	1	То же	То же	То же
Ролик	1	То же	То же	То же
Шестерни шарнирного механизма	1	То же	То же	То же
Передаточный вал	1	Масло веретенное ГОСТ 1642-75 или масло трансформаторное ГОСТ 10121-76	То же	Поливом
Вал эксцентрика	1	То же	Ежесменное (по необход.)	То же
Режущая пара	1	То же	То же	Поливом или окунанием
Гибкий вал ВГ-10	1	Солидол УС-2 ГОСТ 1033	Через 20–30 часов работы	Заложить при сборке
Неокрашенные поверхности		Смазка ПВК ГОСТ 19537-74	При подготовке к хранению	Нанести ровным слоем толщиной 0,5 мм



а



б

Рисунок 3.3.6.5 Точки смазки стригальных машинок:
 а – МС0-77Б; б – схема смазки машинки МСУ-200 (1 – сфера упорного стержня и центра вращения, ролик; 2 – режущая пара; 3 – полость подшипников; 4 – электродвигатель)

Таблица 3.3.6.3 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 УС-2 ГОСТ 1033-73	Один – два раза в смену
Режущая пара	1	Масло веретенное АУ ГОСТ 1642-75 или масло трансформаторное селективной очистки ГОСТ 16121-76	Несколько раз в смену (по необход.)
Полость подшипников	1	Консистентная смазка ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-60. Допускается ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-74 или ЦИАТИМ-203 ГОСТ 8773-73	Через 200 часов работы (при подготовке к хранению)
Полость редуктора и лабиринтного уплотнения	1	То же	Через 60 часов работы (при ТО-1)
Неокрашенные поверхности		Смазка ПВК ГОСТ 19537-74	При подготовке к хранению

Конструкция точильного аппарата ДАС-35 () позволяет не только затачивать режущие пары стригальных машинок, но и при необходимости протачивать и нарезать заточной диск, не снимая его с аппарата. Диск точильного аппарата ТА-1 можно протачивать на аппарате ДАС-350 или на токарном станке, используя специальную ко-

нусную оправку для установки и закрепления диска. Для обеспечения высокого качества нарезки рабочей поверхности диска резец необходимо затачивать так, как показано на рис. 3.3.6.6.

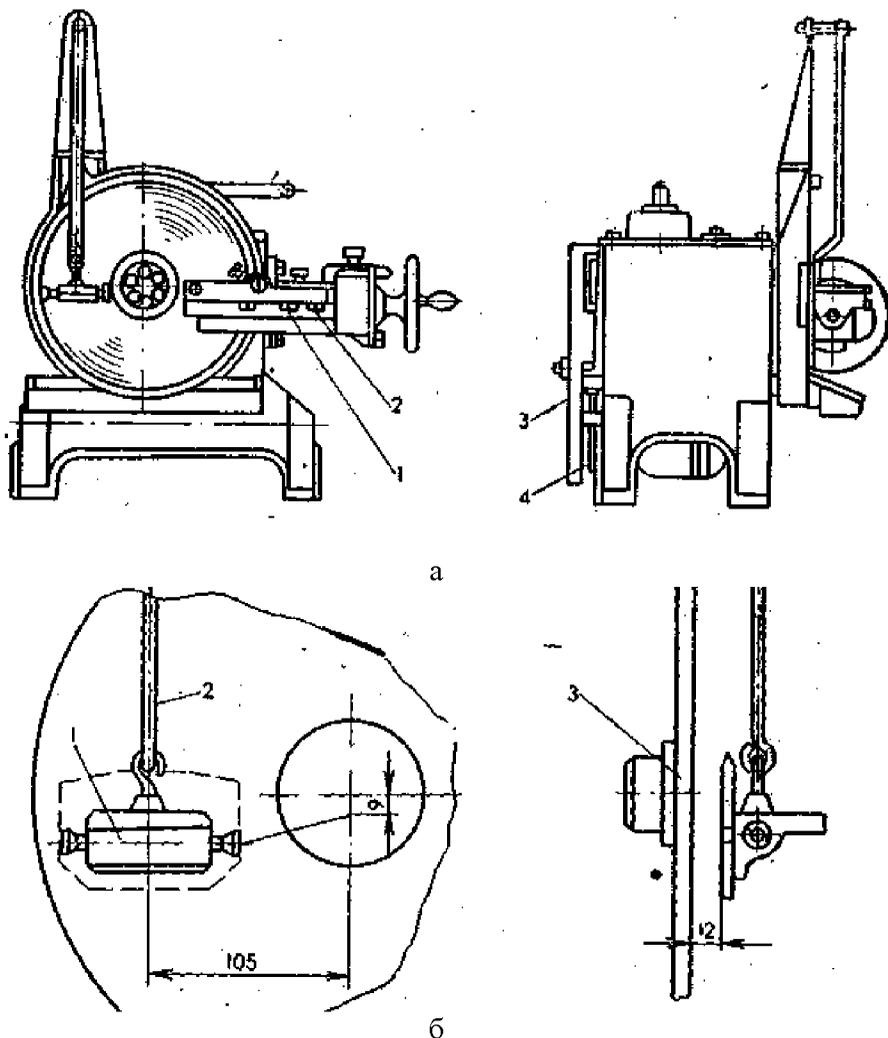
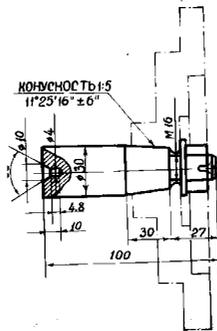
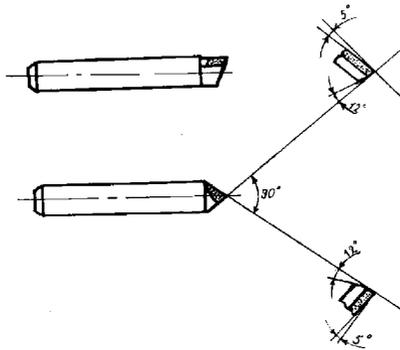


Рисунок 3.3.6.6 Точильный аппарат ДАС-350:

а – аппарат (1 – болты; 2 – винты; 3 – кожух; 4 – плита); *б* – регулировка положения держателя (1 – держатель; 2 – тяга; 3 – диск)

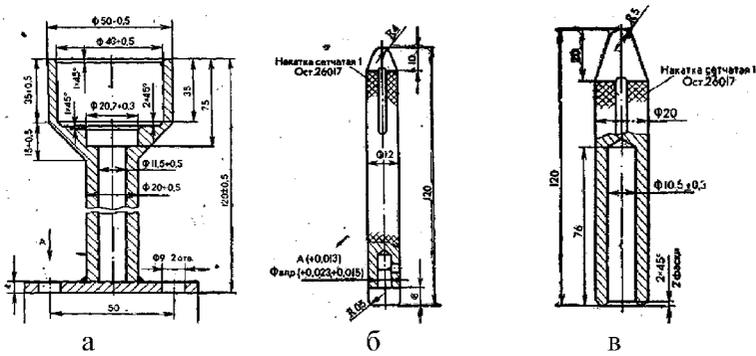


а



б

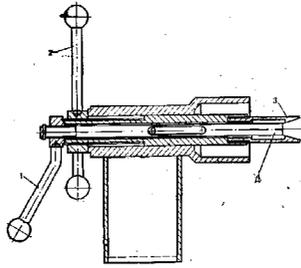
Рисунок 3.3.6.7 Оправка для проточки диска:
а – оправка; б – углы заточки резца



а

б

в



Г

Рисунок 3.3.6.8 Приспособления для разборки (а) и сборки (б) электродвигателя АОЛ-012-2-С:

а – подставка; б – оправки разборочная; в – оправка сборочная; г – приспособление для выпрессовки статора

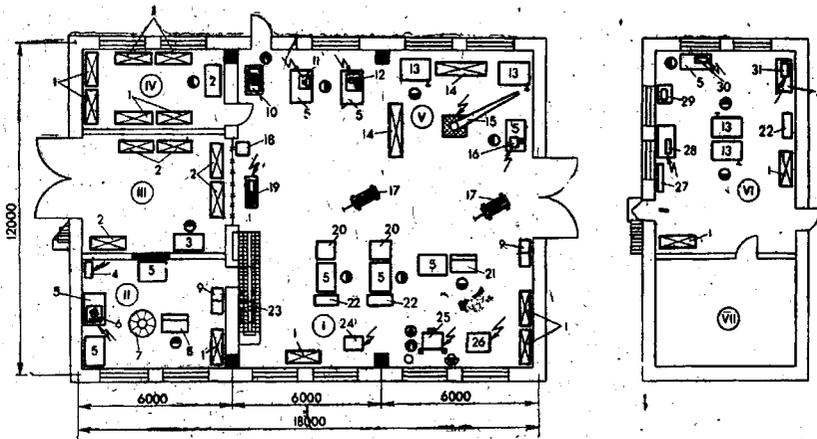


Рисунок 3.3.6.10 Пункт ремонта стригальных машинок

I – участок разборки; II – сборочный участок; III – склад; IV – участок обменного фонда; V – участки ремонтные; VII – диспетчерская; 1, 2, 7 – стеллажи; 3, 5, 8, 21 – столы; 4 – преобразователь частоты тока; 6, 28 – стенды диагностические; 9 – ларь; 10, 19, 25 – ванна; 11–12 – аппараты точильные; 13 – верстак; 14 – подставка; 15 – кран консольно-поворотный; 16 – станок настольно-сверильный; 17 – тележка; 18 – ящик для песка; 20 – контейнер; 22 – шкаф; 23 – емкость для моющих средств; 24 – установка для мойки гибких валов; 26 – генератор ультразвуковой; 27 – стойка для хранения магнитных пускателей; 29 – тумбочка; 30 – прибор для проверки изоляции катушек; 31 – станок обмоточный

3.3.7 Оборудование птицефабрик

В структуре пункта технического обслуживания оборудования птицефабрик предусматривается несколько участков (рис. 3.3.7.1). На слесарно-механическом участке разбирают и собирают брудеры и другую аппаратуру, изготавливают недостающие детали, приспособления. В электроремонтном участке осуществляется разборка, дефектовка, ремонт, сборка, обкатка и испытание электрооборудования. Регулировка и настройка средств контроля и автоматизации на необходимые параметры осуществляется в электролаборатории. Склад ремонтного фонда служит для приема и хранения неисправной аппаратуры и расходного материала. Склад обменного фонда предназначен для хранения аппаратуры и запчастей, поступающих после ремонта или централизованного приобретения. В учебном классе проводят занятия с обслуживающим персоналом птицефабрики и учебу наладчиков по техническому обслуживанию, а в техническом кабинете – оперативные совещания, инструктаж и распределение заданий между бригадами или звеньями. Пункт технического обслуживания оснащен, как правило, двумя сверлильными, одним токарным и одним обдирочно-шлифовальным станками, а также несколькими слесарными верстаками на одно рабочее место. Особенностью организации работы пункта является то, что непосредственно в птичнике аппаратуру не ремонтируют и не регулируют, а заменяют прошедшей проверку, ремонт и настройку в стационарных условиях пункта. Согласно схеме технологического процесса работы ПТО (рис. 3.3.7.2) из птичника аппаратура поступает на склад ремонтного фонда и регистрируется в карточке учета. Со склада ремонтного фонда аппаратура поступает на электроремонтный участок, где производится осмотр, дефектация, ремонт и настройка. При этом, обогреватели брудеров, как правило, поступают на слесарно-механический участок на разборку, ремонт и сборку. Здесь же изготавливают и заменяют детали и элементы, непригодные к дальнейшей эксплуатации. Сложную аппаратуру автоматики, которую нельзя настроить в электроремонтном участке, направляют в электролабораторию, оснащенную необходимой контрольно-поверочной аппаратурой. Отремонтированную и настроенную аппаратуру автоматики и электрооборудования направляют на склад обменного фонда и регистрируют в карточке учета, а из склада обменного фонда — в птичник, взамен демонтируемых узлов, посту-

пают обогреватели в сборе с настроенными терморегуляторами и другой аппаратурой.

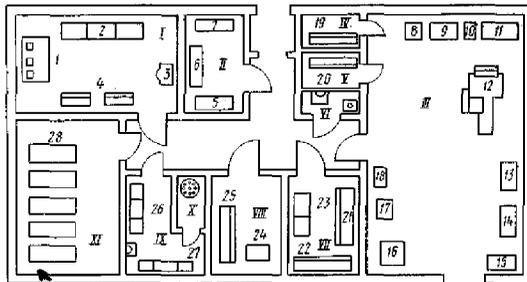


Рисунок 3.3.7.1 Оборудование пункта технического обслуживания:

I — электроремонтный участок; II — электролаборатория; III — слесарно-механический участок; IV, V — склад ремонтного фонда; VI — санузел; VII — склад обменного фонда; VIII — техкабинет; IX — бытовая комната; X — душевая; XI — учебный класс; 1 — стенд для проверки реле и электродвигателей; 2 — рабочие места; 3 — вертикально-сверлильный станок; 4 — шкафы запасных деталей; 5 — стол электроизмерительной аппаратуры; 6 — шкаф приборов; 7 — стол электроизмерительной аппаратуры; 8 — тумбочка инструментальная; 9 — верстак на одно рабочее место; 10 — тумбочка инструментальная; 11 — стеллаж четырехъярусный; 12 — токарно-винторезный станок; 13 — верстак на одно рабочее место; 14 — рабочий стол; 15 — силовой шкаф; 16 — обдирочно-шлифовальный станок; 17 — вертикально-сверлильный станок; 18 — монтажный стол; 19, 20, 21, 22 — стеллажи; 23 — шкаф; 24 — стол канцелярский; 25 — шкаф техдокументации; 26 — шкаф для спецодежды; 28 — учебные столы.

Основные виды ремонтных работ связаны с необходимостью обеспечения работоспособности кормораздаточных и пометоуборочных линий. Натяжение кормораздаточной цепи производят при извлечении или добавлении звеньев цепи. Каждое звено можно легко отделить от следующего звена и соединить с другим звеном. Разделение и соединение цепи производится соединителем кормораздаточной цепи. Для разделения кормораздаточной цепи необходимо поло-

жить звено цепи в приём 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. 3.3.7.3). Натяжение кормораздаточной цепи осуществляют с помощью лебёдки (рис. 3.3.7.4), выбрав оптимальное предварительное натяжение цепи при различной длине оборота.

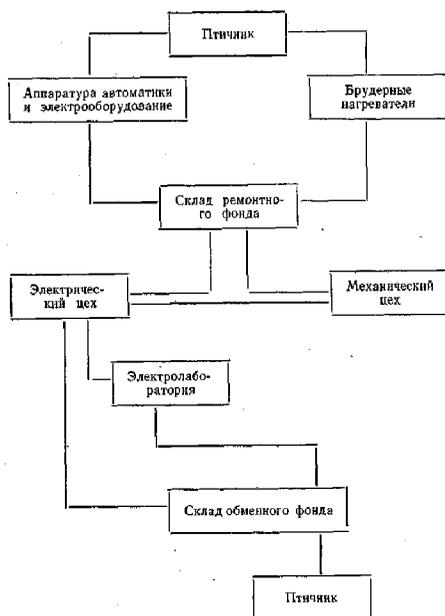


Рисунок 3.3.7.2 Технологический процесс работы пункта технического обслуживания



Рисунок 3.3.7.3 Извлечение и добавление звена

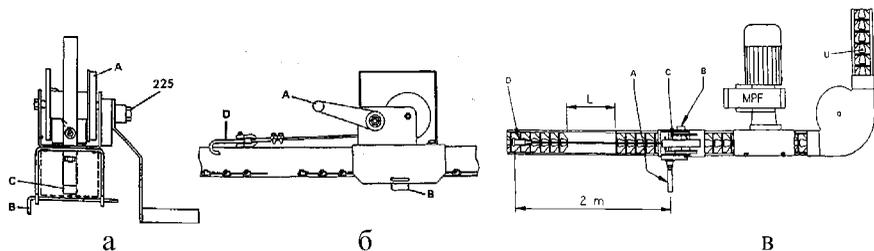


Рисунок 3.3.7.4 Лебёдка на кормораздаточном лотке:
 а) главный вид; б) вид слева; в) в близости привода

Из-за закаливания материала в местах сварки ее проводят по прямой линии, а не по дуге. Свариваемые спирали вращают до совмещения углов подъема. Отрезают спираль отрезной шайбой, прибавляя на одной спирали 25 мм от отметки для нахлестки. Укладывают спирали в угольник или швеллер, производят рихтовку и фиксируют их. Сваривают спирали изнутри. После сварки очищают спираль от сварочных брызг. Шов должен медленно охлаждаться на воздухе. При быстром охлаждении спирали в местах сварки спираль становится хрупкой. После охлаждения мест сварки удаляют сварочный шлак. Очищают места сварки от жира и ржавчины (рис. 3.3.7.5).

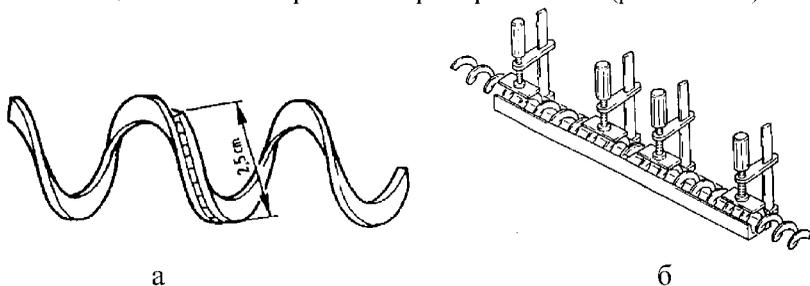


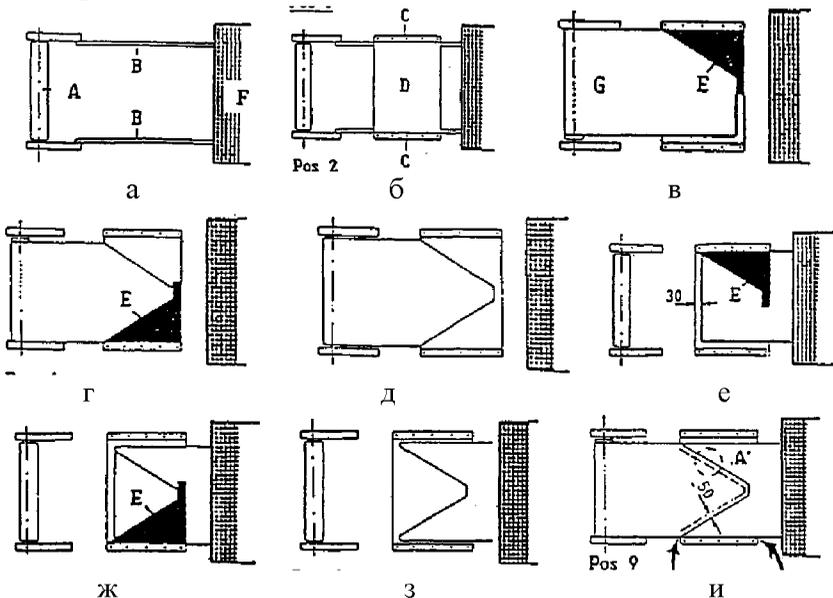
Рисунок 3.3.7.5 Особенности сварки:
 а) место разреза спирали; б) схема рихтовки спирали

В процессе ремонта пометуборочной ленты ее обрезают, сваривают и натягивают. Ленты протягивают таким образом, чтобы их можно было бы сварить в области привода (рис. 3.3.7.6а). Опорную плиту для сварки укладывают на боковые направляющие (рис. 3.3.7.6б). Передний конец ленты укладывают на опорную плиту для

сварки, прижимают к ведущему краю, накладывают шаблон для обрезки и ножом отрезают ленту по шаблону (рис. 3.3.7.6в).

Ленту прикладывают к другому ведущему краю, соответствующим образом накладывают шаблон и также отрезают ленту (рис. 3.3.7.6г). Передний конец ленты теперь готов (рис. 3.3.7.6д). Задний конец ленты укладывают на опорную плиту для сварки, прижимают к ведущему краю, накладывают шаблон для сварки и ножом отрезают ленту по шаблону (рис. 3.3.7.6е).

Ленту прикладывают к другому ведущему краю, соответствующим образом накладывают шаблон и также отрезают ленту (рис. 3.3.7.6ж). Задний конец ленты готовый (рис. 3.3.7.6з). Теперь концы ленты укладывают друг на друга с перекрытием 50 мм. Для этого нужно прижать оба конца ленты к одному ведущему краю, чтобы соединение было прямолинейным (рис. 3.3.7.6и). Перед сваркой лент рабочую поверхность очищают от пыли и грязи, а если необходим ремонт уже в процессе работы, то и от помета. Подлежащие сварке поверхности должны быть чистыми, сухими и обезжиренными. Контролируют правильность нахлестки, иначе кромка ленты будет двигаться против съёмника помета.



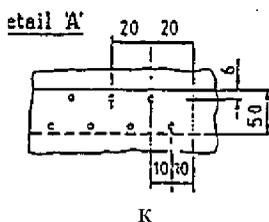


Рисунок 3.3.7.6 Обрезка помётоуборочной ленты

Сварку помётоуборочной ленты осуществляют ультразвуковой головкой. Ручной пистолет состоит из ультразвуковой головки (или конвертер) и зоноидотрода (непосредственный инструмент). Генератор преобразует сетевой ток напряжением 220 В с частоты 50 Гц на частоту 40 кГц. Ультразвуковая головка преобразует электрическую энергию 40 кГц в механическую вибрацию. Эта вибрация передаётся через зоноид на ленту. При микровибрации в 40 кГц и легком нажиме лента настолько нагревается, что она пластически деформируется, и концы ленты свариваются. После нажатия кнопки включения питания (1) на генераторе загорается сигнальная лампа на этой кнопке, через 30 секунд прибор готов к эксплуатации. Для проверки готовности прибора нажимают кнопку (2). Если сигнальная лампа кнопки (2) загорелась и стрелка показа мощности (3) отклоняется немного, то прибор готов к работе. По регулятору установки времени сварки можно установить время одного цикла сварки (время нажатия кнопки пистолета должно быть дольше установленного времени сварки). После одного цикла сварки прибор отключается сам до следующего нажатия. Приставляют пистолет на ленту концом зоноидотрода. Давление нажатия должно едва превышать вес самого пистолета. Лента должна свариваться всегда со строго выровненными краями (косо сваренная лента уходит при каждом обороте в сторону и стирается край ленты или даже возможно загибание края). Место сварки должно быть чистым, сухим и обезжиренным. При нажатии кнопки пистолета начинается процесс сварки. В процессе сварки помётоуборочная лента нагревается по причине больших колебаний на 40 кГц между концом зоноидотрода и подкладываемой под ленту пластиной настолько, что перекрывающиеся концы ленты спаиваются. Сигнальная лампа (2) не должна в процессе сварки терять интенсивность излучения, иначе в

результате чрезмерного нажатия генератор перегружается, и процесс сварки протекает с дефектами. После окончания цикла сварки пистолет короткое время ещё удерживают, чтобы точка сварки немного остыла и поверхность осталась гладкой. Поочерёдно обрабатывают все точки сварки. Сварка качественна, если материал ленты рвётся вокруг места сварки.

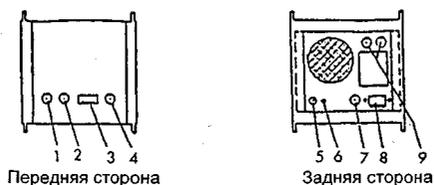


Рисунок 3.3.7.7 Ультразвуковой генератор:

1 - сетевой выключатель и сигнальная лампа. 2 - кнопка контроля подачи ультразвука на пистолет и сигнальная лампа; 3 - указатель мощности; 4 - установка времени сварки; 5 - выход с генератора; 6 - клемма провода защиты (земля); 7 - штекерное место; 7 - сетевой вход; 8 - предохранители

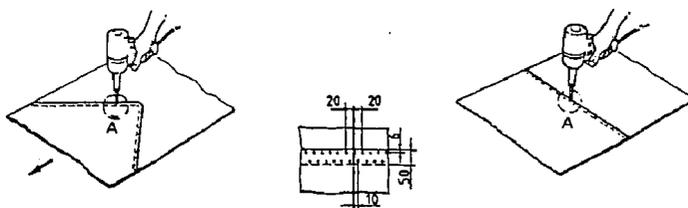


Рисунок 3.3.7.8 Сварка помётоуборочной ленты

Каждая лента приводится в движение при помощи приводных и прижимных катков для помётоуборочной ленты. Поэтому нельзя предварительно натягивать ленту. Точную регулировку ленты (натяжение и настройка) можно произвести после посадки птицы (температура в птичнике и вес помёта) во время приёма в эксплуатацию оборудования. Перед настройкой ленты чистят прижимной и приводной катки.

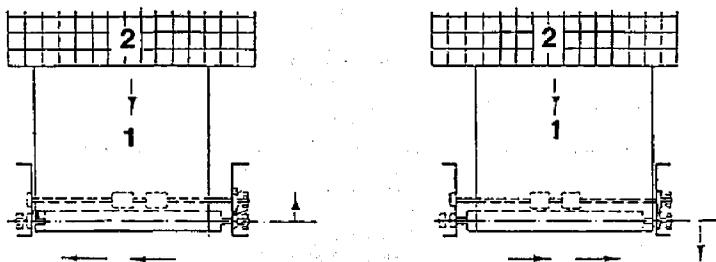


Рисунок 3.3.7.9 Диагностические признаки ленты:
а) лента уходит влево; б) лента уходит вправо

Если лента уходит в сторону, то регулировка производится кронштейном приводного катка. К нему также прикреплен прижимной каток (рис. 3.3.7.9 а). Для этого отпускают 6 болтов кронштейна и откручивают установочный винт на 1/2 оборота в сторону стрелки. Затягивают болты кронштейна. Прокручивают ленту на половину ряда. Если необходимо, то процесс повторить. Перенапряжение прижимного катка может привести к чрезмерному износу пластмассовых зубчатых колёс или поломке вала прижимного катка. Во время пробного пуска при монтаже новых лент нельзя прижимать скребки к ленте. При несоблюдении этого условия создаётся тормозящее воздействие скребков на ленту. Протягивание помётоуборочной ленты и её 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 помётоуборочных лент с прижатыми скребками производится при первой очистке помёта при рабочей температуре между 15°C и 25°C. При температурах за пределами этого диапазона возможны корректировки на натяжном шпинделе поворота ленты. При сильном понижении температуры лента сжимается, поэтому её 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 в области концов боковых направляющих провисала на 5 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Современные технологии производства продукции животноводства применяются на фермах и комплексах с учетом биологических особенностей животных, уровня их продуктивности и конституциональных особенностей. В условиях промышленной технологии животные должны обладать крепким телосложением и здоровьем, иметь высокую продуктивность, обладать уравновешенным, спокойным темпераментом.

2. Внедрение прогрессивных технологий основывается на принципе гарантированного выпуска определенного вида продукции в любое время года, количество и качество которой должно строго соответствовать установленным требованиям. Для обеспечения реализации данного принципа необходимо обеспечить комфортное содержание и хороший уход за животными, наладить четко организованную службу технического сервиса машин и оборудования.

3. Выбор технологии и способа содержания животных в реконструированных или при строительстве новых животноводческих комплексов зависит от вида животных, размера животноводческих помещений, уровня организации труда. В зависимости от способа содержания формируются возрастные и половые группы животных, для которых применяются соответствующие механизмы, обеспечивается наличие мягкого чистого логова, используется современное оборудование для вентиляции и освещения, внедряется рациональная система микроклимата.

4. Перспективной тенденцией развития животноводства в XXI веке становится распространение адаптивных автоматизированных энергосберегающих технологий содержания животных. Такие технологии базируются на реализации «добровольного самообслуживания» скота, автоматизированного мониторинга показателей продуктивности, физиологического состояния животных и программного управления всеми технологическими операциями получения продукции с помощью компьютерного управления производством. Основными из них являются: системы компьютерного управления стадом; эффективные системы санитарно-ветеринарного ухода за животными и технического сервисного обслуживания оборудования; постоянный контроль за ходом технологического процесса с помощью современных телекоммуникационных средств предотвращения аварийных ситуаций; автоматизированный мониторинг показателей продуктивности, физиологического состояния животных. В обеспечении надежности функционирования оборудования значительную роль

играет качество выполнения монтажных работ на вновь строящихся и реконструируемых молочных фермах. Одной из причин длительных параметрических отказов доильного и холодильного оборудования являются нарушения технических требований на монтаж. Низкое качество монтажа снижает ремонтпригодность и безотказность оборудования.

5. Эффективная стратегия эксплуатации животноводческого оборудования может быть обеспечена на основе адаптированного к конкретным условиям технического регламента. При этом регламентная стратегия технического обслуживания и ремонта постепенно должна быть заменена другой, которая базируется на контроле технического состояния машины или оборудования с использованием диагностических средств. В предлагаемой адаптивной системе ремонта согласуются периодичность ремонта 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 машин, 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 критериям минимизации ремонтных затрат и энергосбережения. При этом значительно сокращаются простои оборудования по техническим причинам, снижается расход запасных частей и энергозатрат, повышается эффективность производства животноводческой продукции в целом. Таким образом, перспективная стратегия технического обслуживания и ремонта машин и оборудования в животноводстве основана на управлении их техническим состоянием с использованием средств технической диагностики.

6. Возрастающее значение сервиса потребителей машин и оборудования в животноводстве обуславливается следующими факторами: ростом сложности животноводческого оборудования, требующей квалифицированного эксплуатационно-ремонтного персонала; темпами морального старения оборудования, связанными с ускорением научно-технического прогресса и необходимостью проведения вынужденной модернизации; ужесточением нормативных показателей качества технологического оборудования вследствие изменения ситуации в отношениях между потребителем и производителем; истощением недр природных ресурсов и возрастанием роли вторичных ресурсов.

В настоящее время дилерская система технического сервиса является одной из наиболее эффективных форм экономических взаимоотно-

шений между сельскохозяйственными организациями и заводами-изготовителями. В таких посреднических организациях одинаково заинтересованы как потребители данных услуг, так и производители машин и оборудования для животноводства, так как они имеют возможность отдать функции материально-технического обеспечения и поддержания техники в рабочем состоянии непосредственно дилерским техническим центрам, которые, в свою очередь, станут заключать договоры на своевременную поставку запасных частей, узлов и агрегатов с предприятиями-изготовителями этих средств, обеспечивать их предпродажную подготовку, гарантийное и послегарантийное обслуживание в течение всего периода эксплуатации. В дальнейшем роль дилерской службы технического сервиса не только не должна ослабевать, а, наоборот, усиливаться, о чем свидетельствует опыт стран с развитой рыночной экономикой.

7. Технологии технического обслуживания и ремонта машин и оборудования рассматриваются с учетом особенностей их использования, необходимости поддержания высокого уровня готовности, соответствующего зоотехническим требованиям содержания животных, уровня квалификации операторов и ремонтно-обслуживающего персонала, возможностей применения современных средств диагностики, ремонтно-технологического оборудования и оснастки в условиях сервисных подразделений и служб, обеспечивающих поддержание и восстановление работоспособности животноводческого оборудования в течение всего срока службы.

8. 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, формирующих конкурентный рынок и позволяющий обеспечить их 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 она должна строго соответствовать их качеству, не превышать установленных нормативов и не нарушать рыночного равновесия.

Литература

1. Радионов, Г.В. Основы зоотехники: учебное пособие для учреждений сред. проф. образования / Г.В. Радионов, Л.П. Табакова. – М. : Академия, 2003. – 448 с.
2. Туников, Г.М. Технология производства и переработки продукции животноводства / Г.М. Туников. – Рязань, 1999. – 430 с.
3. Халлимулин, Г.А. Система ведения сельского хозяйства Свердловской области / Г.А. Халлимулин, А.Н. Семин. – Екатеринбург: Урал, ГСХА, 2000. – 492 с.
4. Шилов, А.И. Современное состояние и пути совершенствования молочного скота / А.И. Шилов, В.Г. Клеусов. – Орел, 2001. – 147 с.
5. Слабкина, А.И. Основы животноводства / А.И. Слабкина, А.П. Солдатов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 287 с.
6. Стрекозов, Н.И. Интенсификация молочного скотоводства России: монография / Н.И. Стрекозов. – Смоленск, 1997. – 240 с.
7. Попков, Н.А. Система ведения молочного скотоводства Республики Беларусь / Н.А. Попков. – Минск: БелНИИЖ, 2002. – 207 с.
8. Казаровец, Н.В. Теоретические и практические аспекты селекционно-племенной работы в скотоводстве: монография / Н.В. Казаровец. – Минск: БГАТУ, 2005. – 312 с.
9. Казаровец, Н.В. Технологические основы скотоводства и кормопроизводства: учебно-методическое пособие / Н.В. Казаровец, В.К. Пестис, П.П. Ракецкий. – Минск: БГАТУ, 2006. – 344 с.
10. Шляхтунов, В.И. Скотоводство и технология производства молока и говядины / В.И. Шляхтунов, В.С. Антонюк, Д.М. Бубен. – Минск, 1997. – 464 с.
11. Казаровец, Н.В. Технология содержания высокопродуктивных коров: метод. рекомендации / Н.В. Казаровец, В.Н. Тимошенко. – Минск: БГАТУ, 2006. – 64 с.
12. Дмитриев, Н.Г. Племенная работа: справочник / Н.Г. Дмитриев. – М. : Агропромиздат, 1988. – 559 с.
13. Казаровец, Н.В. Технология производства продукции животноводства: пособие / Н.В. Казаровец, В.И. Салего,

- П.П. Ракецкий. – Минск: ГУ «Учебно-методический центр МСХиП», 2005. – 123 с.
14. Баканов, В.Н. Летнее кормление молочных коров / В.Н. Баканов, Б.Р. Овсищер. – М. : Колос, 1982. – 175 с.
 15. Приступа, В.Н. Настольная книга животновода: справочное пособие / В.Н. Приступа, И.В. Приступа. – Ростов-на-Дону, 2002. – 672 с.
 16. Александров, С.Н. Секреты высокой молочной продуктивности коров / С.Н. Александров. – М. : АСТ Донецк, 2005. – 254 с.
 17. Гриб, В.К. Техническое обеспечение процессов в животноводстве: учебник / В.К. Гриб, Л.С. Герасимович, С.С. Жук. – Минск: Бел. наука, 2004. – 831 с.
 18. Щавелев, Н.С. Содержание и разведение сельскохозяйственных животных / Н.С. Щавелев, В.В. Храмцов. – М. : ООО «Издательство АСТ», 2003. – 223 с.
 19. Раковец, Е.В. Современная молочная ферма. Какой ей быть? / Е.В. Раковец // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №11. – С. 28-35.
 20. Шалак, М.В. Технология производства и переработки продукции животноводства: учебное пособие / М.В. Шалак, В.В. Малашко, Н.В. Казаровец. – Минск: Ураджай, 2001. – 437 с.
 21. Шейко, И.П. Свиноводство: учебное пособие / И.П. Шейко, В.С. Смирнов – Минск: Ураджай, 1997. – 352 с.
 22. Гильман, З.Д. Свиноводство: учебное пособие / З.Д. Гильман. – Минск: Ураджай, 1989. – 311 с.
 23. Смирнов, В.Н. Свиньи, коровы, лошади: справочно-практическое издание / В.Н. Смирнов. – М. : Рипол-классик, 2002. – 384 с.
 24. Краткая энциклопедия фермера. – Ростов-на-Дону: «Владис», 2002. – 608 с.
 25. Юрков, В.М. Световой фактор в повышении резистентности и продуктивности свиноматок / В.М. Юрков // Интенсификация производства молока и мяса. – М. : Агропромиздат, 1988. – С. 256.

26. Бурдюковская, Т.К. Производство овцеводческой продукции: справочник / Т.К. Бурдюковская, А.З. Гребенюк, А.А. Даниелян. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 285 с.
27. Арипов, У.Х. Овцеводство и козоводство: справочник / У.Х. Арипов, В.М. Виноградова, П.А. Воробьев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 335 с.
28. Степанов, Д.В. Практические занятия по животноводству / Д.В. Степанов. – М. : Мир, 2004. – 304 с.
29. Механизация животноводческих ферм: учебники и учеб. пособия для высш. с.х. учеб. заведений / Мельников С.В. [и др.]; под общ. ред. С.В. Мельников. – М. : Колос, 1969. – 440 с.
30. Брагинец, Н.В. Особенности производственного обслуживания животных и факторы, влияющие на их продуктивность, при промышленном производстве продуктов животноводства / Н.В. Брагинец // Улучшение конструкций, использования машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов. Сборник научных трудов. – 1984. – С.16-25.
31. Dmirewski, J. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych: tom 3 / J. Dmirewski. – Warszawa, 1978.
32. Славин, Р.М. Автоматизация процессов в животноводстве и птицеводстве / Р.М. Славин. – М. : Агропромиздат, 1991. – 397 с. : ил.
33. Приготовление и раздача полнорационных кормосмесей для КРС. Технология и машины: рекомендации по применению. – М. , 2006. – 64 с.
34. Новые технологии и оборудование для технического перевооружения и строительства свиноводческих ферм и комплексов. – М. : ФГНУ «Росинфораагротех», 2006. – 264 с.
35. Автоматизация процессов доения на животноводческих комплексах / Г.Р. Носов [и др.]; под общ. ред. Г.Р. Носов – Киев: Вища шк., Головное изд-во. – 1985. – 215 с.
36. Влияние применения робота для доения коров на функционирование животноводческой фермы / М. Липински [и др.] // Научно-технический прогресс в животноводстве –

- перспективные ресурсосберегающие технологии: сборник научных трудов. – Подольск, 2005. – Т.15, ч. 2. – С.80–82.
37. Винницки, С. Современные решения в доильной технике, предлагаемые фирмой “Полянес” / С. Винницки, В. Романюк, А. Букальски // Научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие технологии: сборник научных трудов. – Подольск, 2005. – Т.15, ч.2. – С.64.
 38. Казаровец, Н.В. Технологии, оборудование и технический сервис в молочном животноводстве: монография / Н.В. Казаровец, В. П. Миклуш, М.В. Колончук. – Минск: БГАТУ, 2007. – 556 с. : ил.
 39. Основы вакуумной техники: учебник для техникумов / А.И. Пипко [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1981. – 432 с. : ил.
 40. Левин, Г. Основы вакуумной техники, пер. с англ., – М. : Энергия, 1969. – С. 34.
 41. Вакуумная техника: справочник / Е.С. Фролов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 359 с.
 42. Механические вакуумные насосы / Е.С. Фролов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.: ил.
 43. Розанов, Л.Н. Вакуумная техника: учеб. для вузов по спец. “Вакуумная техника” / Л.Н. Розанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 320 с.: ил.
 44. Шумский, К.П. Вакуумные аппараты и приборы химического машиностроения / К.П. Шумский. – М. : Машиностроение, 1974. – 576 с.
 45. Тетерюков, В.И. Ротационные вакуум-насосы и компрессоры с жидкостным поршнем / В.И. Тетерюков. – М. : Машгиз., 1960. – 251 с.: ил.
 46. Ротационные компрессоры / А.Г. Головинцов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1964. – 315 с.: ил.
 47. Руткевич, И.Г. Вакуум-насосные установки в пищевой промышленности / И.Г. Руткевич – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 151с.
 48. Хлумский, В. Ротационные компрессоры и вакуум-насосы. – М. : Машиностроение, 1971. – 128 с.

49. Колончук, М.В. Использование вакуумных систем в АПК. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва” / М.В. Колончук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 42. – Харків, 2005. – С.83–87.
50. Water ring multistroke machines – reality and outlook: proceedings of the International Conference “Progressive eco-friendly technological processes in agricultural engineering”, Raudondvaris, 19-20 September, 2002 / Lithuanian Institute of Agricultural Engineering; V. Perednya, M. Kolonchuk. – pp. 7–13.
51. Выбор жидкостно-кольцевых машин: научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства “Концепции развития механизации и автоматизации животноводства в XXI веке”: сб. науч. тр. / В.И. Передня, М.В. Колончук. – Подольск, 2002 г. – Т.11,ч.3. – С.142-149.
52. Исследование параметров вакуумных насосов: научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие машинные технологии: сб. науч. тр. / В.И. Передня, М.В. Колончук. – Подольск: ГНУ ВНИИМЖ, 2005. –Т.15, ч.2. – С.106-115.
53. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов: учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / С.В. Мельников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отделение, 1985. – 640 с.: ил.
54. Вальдман, Э.К. Физиология машинного доения коров / Э.К. Вальдман. – Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1977. – 192 с.
55. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных: учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений / В.И. Георгиевский. – М. : Огропромиздата, 1990. – 511 с., [8] л. ил.: ил.
56. Гейдрих, Д. Маститы сельскохозяйственных животных и борьба с ними / Д. Гейдрих, В. Ренк. – М. : Колос, 1968. – 376 с.
57. Александров, С.Н. Секреты высокой молочной продуктивности коров. Приусадебное хозяйство / авт. сост.

- С.Н. Александров. – М. : АСТ; Донецк: Сталкер, 2005. – 254, [2] с.: ил.
58. Марченко, Г.М. Физиология функциональной системы лактации (теория и практика): монография / Г.М. Марченко. – Кишинев, 1996. – 132 с. : ил.
 59. Троицкий, Ф.А. Акушерство, гинекология и искусственное осеменение животных: учебники и учеб. пособия для высших с.-х. учеб. заведений / Ф.А. Троицкий. – М. : Сельхозиздат. – 1961. – 383 с. : ил.
 60. Богданов, К.Ю. Физик в гостях у биолога. Вып. 49. / К.Ю. Богданов. – М. : Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.
 61. Элементы физической модели вымени коров: энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 12-13 июня 2008 г.: в 2 ч. / А.И. Ерошов [и др.], редкол. А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2008. – Ч.2 – с. 30-33.
 62. Амерханов, Р.А. Тепловые насосы / Р.А. Амерханов. – М. : Энергоатомиздат, 2005. – 160 с. : ил.
 63. Рей, Д. Тепловые насосы: пер. с англ. / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с. : ил.
 64. Баротфи, И. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах / И. Баротфи, П. Рафай; пер. с венг. Э. Шандера, А.И. Залепукина. – М. : Агропромиздат, 1988. – 228 с. : ил.
 65. Дашков, В.Н. Возобновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК: монография / В.Н. Дашков. – Барановичи: РУПП «Баранов. Укрупн. тип», 2003. – 184 с.
 66. Исследование условий применения тепловых насосов на животноводческих фермах: энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 12-13 июня 2008 г.: в 2 ч. / Ф.Д. Сапожников [и др.]; редкол. А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2008. – Ч.2. – с.114-118.

67. Справочник по физико-техническим основам глубокого охлаждения / М.П. Малков [и др.]. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 416 с. : ил.
68. Шумский, К.П. Вакуумные аппараты и приборы химического машиностроения / К.П. Шумский. – М. : Машиностроение, 1974. – 576 с. : ил.
69. Пластинин, П.И. Поршневые компрессоры. Том I. Теория и расчет /2-е изд., перераб. и доп.– М.: Колос, 2000. – 456 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).
70. Письменов, В.Н. Уборка, транспортировка и использование навоза / В.Н. Письменов. – М. : Россельхозиздат, 1973. – 200 с.: ил.
71. Механизация животноводства: учеб. для с.-х. вузов / под ред. В.К. Гриба. – Минск: Ураджай, 1997. – 640 с. : ил.
72. Болотнов, П.М. Механизация работ в овцеводстве / П.М. Болотнов, С.В. Рыжков. – М. : Высшая школа, 1980.
73. Машинные технологии содержания овец в России. Научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие машинные технологии: сборник научных трудов / Ю.А. Мирзоянц. – Подольск: ГНУ ВНИИМЖ, 2005. – Т.15, ч.2. – С. 215-221
74. Мороз, В.А. Овцеводство - высокопродуктивная отрасль колхоза / В.А. Мороз. – М. : Колос, 1981.
75. Усаковский, В.М. Комплексная механизация в овцеводстве / В.М. Усаковский, Р.С. Суюнчалиев. – М. : Колос, 1982. – 255 с : ил.
76. Рыбаков, М.Ю. Комплексная механизация овцеводства / М.Ю. Рыбаков, П.Л. Полозов. – Алма-Ата, Кайнар, 1986. – 224 с : ил.
77. Мирзоянц, Ю.А. Машинная стрижка и купание овец /Ю.А. Мирзоянц. – Великие Луки, 2002. – 166 с:
78. Крисюк, В.И. Технологические и инженерно-технические основы процесса стрижки овец / В.И. Крисюк. – Ставрополь, 1983. – 355 с : ил.
79. Оборудование птичников для клеточного содержания кур-несушек и напольного содержания бройлеров: методические указания к лабораторным занятиям по изучению устройства

- и работы / Д.Ф. Кольга [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2005. – 20 с.
80. Изаков, Ф.Ф. Механизация и электрификация птицеводства / Ф.Ф. Изаков, Н.М. Быков, П.М. Леонтьев. – М. : Колос, 1982. – 398 с.
81. Миклуш, В.П. Организация технического сервиса в АПК: монография / В.П. Миклуш – Минск: БГАТУ, 2004.– 290 с.
82. Методические рекомендации по организации и повышению эффективности функционирования дилерской системы технического сервиса в АПК / Сайганов А.С. [и др]. – Минск: Ин-т экономики НАН Б, 2007.– 80 с.
83. Экономичная модель технического сервиса машин: материалы 3-ей международной научно-технической конференции “Моделирование сельскохозяйственных машин”, Минск, 13-15 ноября 2002 г. / М.В. Колончук.– Минск: БГАТУ, 2002. – ч.2. – С.69-71.
84. О продлении сроков службы машин и оборудования в животноводстве. предпринимательство в АПК: проблемы эффективности и управления: сборник статей международной научно-практической конференции, 16-18 февраля 2006 г.: в 2-х частях / БГАТУ; В.П. Миклуш, М.В. Колончук; редкол.: Г.И. Гануш [и др.]. – Минск, 2005.– Ч.1. – 208 с.: ил., схемы.
85. Оценка затрат на техническую эксплуатацию животноводческого оборудования. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва”: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 42. / В.П. Миклуш, М.В. Колончук, В.М. Колончук. – Харків, 2005. – С.96-100.
86. О рациональной замене и обновлении оборудования животноводческих ферм. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва”: Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 62. В.П. Миклуш, М.В. Колончук. – Харків, 2007. – с.172-176.
87. Техничко-економічні аспекти забезпечення работоспособности доильного и холодильного

- оборудования: современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: доклады республиканской научно-практической конференции на 16-ой Международной специализированной выставке «Белагро-2006», г. Минск, 8 июня 2006 г. / ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода»; В.П. Миклуш, М.В. Колончук.– Минск, 2007. – с. 45-52.
88. Повышение надежности доильного и холодильного оборудования. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва”: Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 48 / В.П. Миклуш, М.В. Колончук.– Харків, 2006. – с.101-109.
89. Особенности диагностирования доильных установок. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва”: Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 62 / В.П. Миклуш, М.В. Колончук.– Харків, 2007. – с.176-181.
90. Техническое обновление и реконструкция животноводческих ферм: научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие машинные технологии: сб. науч. тр. / В.И. Стяжкин. – Подольск: ГНУ ВНИИМЖ, 2005. – Т.15, Ч.2. – с. 35-39.
91. Лобановский, Г.А. Кормоцехи на фермах / Г.А. Лобановский. – М. : Колос, 1971. – 311 с. : ил.
92. Кот, С.Н. Исследование продолжительности пусконаладки оборудования кормоцехов свиноферм / С.Н. Кот, В.И. Хилько // Индустриализация работ при механизации, техническом обслуживании и ремонте машин и оборудования для животноводства и кормоприготовления: сб. науч. тр. – Минск: ВНИИТИМЖ. – 1985.
93. Хилько, В.И. Определение оптимального размера бригад передвижных мастерских при наладке оборудования сельскохозяйственных объектов / В.И. Хилько // Организационные и экономические основы совершенствования работ по комплексной механизации

- животноводческих и других объектов агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Минск: ВНИИТИМЖ – 1989.
94. Механизация животноводства на промышленной основе / В.В. Куянов [и др.]. – М. : Колос, 1972. – 432 с. : ил.
 95. Мельников, С.В. Сетевое планирование монтажных работ в животноводстве / С.В.Мельников, Д.И. Николаев – Л. , 1975.
 96. Полевой, А.А. Монтаж холодильных установок: учеб. пособие для вузов / А.А. Полевой. – СПб. : Политехника, 2005. – 259 с. : ил.
 97. Шпыро, А.В. Устройство, монтаж, эксплуатация холодильных машин и установок молочнотоварных ферм / А.В. Шпыро, Г.А. Карачун, Е.А. Колесень. – Минск: Ураджай, 1999. – 304 с. : ил.
 98. Котзаогланиан. Пособие для ремонтника. Практическое руководство по ремонту холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения. – ЗАО «ОСТРОВ», 2000.
 99. Диагностирование технического состояния холодильной установки по температурному параметру: энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 12-13 июня 2008 г.: в 2 ч. / В.П. Миклуш, М.В. Колончук, О.А. Науменко; редкол. А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2008. – Ч.1. – с. 364-368.
 100. Гончаров, А.А., Новые виды оснастки и приборов для технического обслуживания и ремонта оборудования для животноводства и кормопроизводства, применяемых в странах – членах СЭВ / А.А. Гончаров, Г.М. Нехамкин. – Минск: БелНИИТИ, 1983. – 44 с.
 101. Колончук, М.В. Гидроаэродинамика щелевых потоков воздуха вакуумного насоса / М.В. Колончук // Агропанорама. – 2006. – №2. – С.29-33.
 102. Математическая модель расхода воздуха через щели механических вакуумных насосов: материалы 3-ей международной научно-технической конференции “Моделирование сельскохозяйственных машин”. Часть 1.,

- Минск, 13-15 ноября 2002 г.; М.В. Колончук. – Минск: БГАТУ. – С. 78-80.
103. Колончук, М.В. Обоснование допустимых зазоров и протечек воздуха в вакуумных насосах. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва” / М.В. Колончук, В.М. Колончук // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 42.– Харків, 2005. – С.87-95.
 104. Badania przepływu powietrza w pompie próżniowej: materiały na XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa “Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów ue”, Warszawa, 26-27 września 2006 / Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa; V. Perednja, W. Romaniuk, M. Kolonchuk. – pp. 379-384.
 105. Термодинамика воздушных потоков ротационного насоса. Методы исследований и результаты разработок техники для ресурсосберегающих технологий сельского хозяйства: сб. ст. Международной науч.-практич. конф. молодых ученых: в 2т. / М.В. Колончук, В.И. Передня; под общ. ред. В.Н. Дашкова. – Минск: РУНИП “ИМСХ НАН Беларуси”, 2005.– Т.2. – С.177-183.
 106. Badania mechaniki pompy próżniowej: materiały na X Międzynarodowa Konferencja Naukowa “Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów ue”, Warszawa, 21-22 września 2004 / Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa; V. Perednya, W. Romaniuk, M. Kolonchuk. – pp. 390-396.
 107. Колончук, М.В. Механика вибрационного трения деталей пластинчатого вакуумного насоса / М.В. Колончук // Агропанорама. – 2003. – №2. – С.15-21.
 108. Колончук, М.В. Исследование приработки лопаток ротационного вакуумного насоса доильной установки при текущем ремонте / М.В. Колончук // – Агропанорама. – 2006. – №6. – С. 28-32.
 109. Mathematical models of milking machine elements: proceedings “The 4TH reseach and development conference of central and eastern European institutes of agricultural engineering (CEE Ag

- Eng)”, Moscow, VIESH, May12-13, 2005 / V. Perednya, M. Kolonchuk. – pp. 209-218.
110. Badania przyczyn zuzycia cylindrow pomp prozniowych: materialy na X Miedzynarodowa Konferencja Naukowa “Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzglndnieniem ochrony srodowiska I standardow ue”, Warszawa, 27-28 wrzesnia 2005 / Institut Budownictwa, Mechanizacji I Elektryfikacji Rolnictwa; V. Perednya, W. Romaniuk, M. Kolonczuk. – pp. 365-370.
 111. Optymalizacja parametrow lopatek w pompach podcisnieniowych cieczowo-pierscieniowych: materialy na X Miedzynarodowa Konferencja Naukowa “Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzglndnieniem ochrony srodowiska i standardow ue”, Warszawa, 21-22 wrzesnia 2004. / Institut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa; V. Perednya, W. Romaniuk, M. Kolonchuk. – pp. 397-400.
 112. Гидродинамика жидкостного кольца ротационных машин. Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник. Вып. 38. / РУНИП “ИМСХ НАН Беларуси”; В.И. Передня, М.В. Колончук; под общ. ред. В.Н.Дашкова. – Минск, 2004. – С. 181–187.
 113. Влияние способа подачи воды на энергетические характеристики ротационного насоса “Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных в изменившихся условиях системы хозяйствования и экологии”: материалы международной конференции посвященной 70-летию юбилею заслуженного деятеля наук РФ, профессора В.Е.Улитко, 14-16 января 2005 г. / В.И. Передня, М.В. Колончук, В.М. Колончук. – Ульяновск, 2005. – С.137-139.
 114. Колончук, М.В. Исследование конструктивных и режимных параметров водокольцевого вакуумного насоса для доильных установок / М.В. Колончук // Агропанорама – 2007. – №4. – С. 25-34.
 115. Технические факторы стабильности режимов доения коров. Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: доклады

- Международной научно-практической конференции, Минск, 12-13 июня 2008 г. В 2 ч. Ч.2 / редкол. А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2008. – С.49–54.
116. Модернизация системы подвода рециркуляционной воды вакуумного насоса в условиях эксплуатации. “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва”: Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 62 / М.В. Колончук, В.П. Миклуш. – Харків, 2007. – С.105-110.
 117. Колончук М.В. Исследование пластинчатых вакуумных насосов. – №5. – С.23-28.
 118. Колончук, М.В. Импульсная устойчивость низковакуумной системы / М.В. Колончук // Агропанорама, 2001. – №1. – С.16-18.
 119. Колончук, М.В. Централизованные вакуумные системы – потенциал энергоресурсосбережения на молочных комплексах / М.В. Колончук // Агропанорама, 2002. – №1. – С.18-24.
 120. Эффективность централизованных вакуумных систем доения коров: материалы Международной научно-технической конференции посвященной 55-летию Республиканского унитарного предприятия “Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства” – “Научно-технический прогресс в области механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства”, том 2, Минск, 12-14 июня 2002 г. / В.И. Передня, В. Романюк, М.В. Колончук. – Минск: УП “БелНИИМСХ”. – 2002. – С. 143-153.
 121. Колончук, М.В. Потери мощности и энергии вакуумной установкой за пределами номинального режима работы / М.В. Колончук // Агропанорама. – 2001. – №2. – С. 22-26.
 122. Колончук, М.В. Диагностика герметичности доильных установок / М.В. Колончук // Известия Белорусской инженерной академии. – 2001. – №2. – С. 47-50.
 123. Энергоресурсосберегающая технология диагностирования функциональной готовности вакуумной системы доильной установки: материалы Международной научно-технической

- конференции “Аграрная энергетика в XXI веке”, Минск, 25-26 сентября 2001 г. / М.В. Колончук. – Минск: УП “Технопринт”, 2001. – С.117-119.
124. Экспресс-диагностика технического состояния доильных и молокоохладительных установок. – “Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва”: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 42 / В.П. Миклуш, М.В. Колончук, В.М. Колончук. – Харків, 2005. – С.92-95.
125. Безразборная диагностика доильных установок: методические указания для студентов специальностей I-74 06 01, I-74 06 03, I-74 06 05, I-74 06 06 и слушателей ИПК и ПК АПК. Учебное издание / В.М. Колончук [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2006. – 17 с.
126. Rabold, K. Cyclic vacuum fluctuations in milking machines / K. Rabold. – Schweden, 1980.
127. Техническое обслуживание и ремонт компрессоров / Н.А. Ястребова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1991. – 49 с.
128. Лэнгли, Б. Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и холодильных установках (перевод с английского) / Б. Лэнгли; под ред. Гальперина А.Д. – М. : “Евроклимат”, 2003. – 220 с.
129. Бабакин, Б.С. Диагностика работы малых холодильных компрессоров: учебное пособие / Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин, В.Н. Кулагин. – Рязань: “Узорочье”. – 2001. – 302 с. : ил.
130. 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. : Издательский центр “Академия”, 2003. – 192 с.
131. Якшаров, Б.П. Справочник механика по холодильным установкам / Б.П. Якшаров, И.В. Смирнова. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 312 с. : ил.

132. Кругляк, И.Н. Справочная книга механика по ремонту домашних холодильников / И.Н. Кругляк. – М. : Легкая индустрия, 1971. – 216 с.
133. Лепаев, Д.А. Ремонт холодильников: серия «Ремонт», выпуск 35 / Д.А. Лепаев, В.В. Коляда. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – С. 227–229.
134. Бабакин, Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: монография / Б.С. Бабакин. – Рязань: Узорочье, 2003. – 470 с.
135. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes; Chlorine Atoms catalyzed destruction of ozone. Nature, 1974. Vol. 249. P.810–814.
136. Rowland, F.S. and Molina, M.I. 1974, Chlorofluoromethanes in the environment. Atomic Energy Commission Report No 1971–1. Univ. of California, Irvine.
137. Зуев, И.М. Справочник по ремонту машин для животноводства / И.М. Зуев, А.А. Шушкевич. – Минск: Ураджай, 1990. – 255 с. : ил.
138. Алешкин, В.Р. Механизация животноводства: учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений / В.Р. Алешкин, П.М.Рошин; Под ред. С.В. Мельникова. – М. : Агропромиздат, 1985. – 336 с.: ил.
139. Галкин, А.Ф. Комплексная механизация производственных процессов в животноводстве: 2-е перераб. и доп. изд. / А.Ф. Галкин. – М. : Колос, 1974.
140. Лобановский, Г.А. Кормоцехи на фермах / Г.А. Лобановский – М. : Колос, 1974.
141. Оценка надежности и эффективности работы горношахтного оборудования по критерию энергосбережения /Боярских Г.А., Симисинов Д.И. // Известия Уральской гос. горно-геологической академии. Сер.: Горная электромеханика. – 2001. – Вып.12. – С. 114-118. – Рус.
142. Бутиков, Е.И., Быков, А.А., Кондратьев, А.С. Физика в примерах и задачах: Учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. Е.И. Бутиков, А.А. Быков, А.С. Кондратьев. – М.: Наука. 1989. – С. 374–377

Научное издание

Казаровец Николай Владимирович

Миклуш Владимир Петрович

Колончук Михаил Владимирович

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

МОНОГРАФИЯ

Ответственный за выпуск В.П. Миклуш

Редактор Г.В. Анисимова

Компьютерная верстка М.В. Колончук

Подписано в печать 10.10. 2008

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс

Усл. печ. л. 32,32. Уч.-изд. л. 25,27

Тираж 100 экз. Заказ № _____

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный аграрный технический университет
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006.
ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2