Западно-Казахстанский аграрно-технический
университет имени Жангир хана

А.И. Завражнов, С.М. Ведищев, М.К. Бралиев,
А.В. Китун, В.И. Передня, Н.Н. Романюк,
В.А. Бабушкин, В.Ф. Федоренко

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

Учебное пособие

Уральск 2017

Репозиторий БГАТУ

Западно - Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

Учебное пособие для магистрантов и студентов специальности «Аграрная техника и технология»

Уральск 2017

Репозиторий БГАТУ

УДК 636(076.8)
ББК 45 я 73
Т 38

Учебное пособие рекомендовано к изданию учебным советом Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана (протокол №2 от 31 октября 2017 года)

Обсуждено на заседании кафедры «Аграрные технологии и эксплуатация машин» 25 октября 2017 г., протокол №3Б

Рекомендовано на заседании учебно-методического бюро политехнического факультета 26 октября 2017 г., протокол № 3

Одобрено УМС университета 30 октября 2017 г., протокол № 2

Р е ц е н з е н т ы:
ТИШАНИНОВ Н.П., д-р техн. наук, профессор, научный руководитель отдела управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН);
НУРАЛИН Б.Н., д-р техн. наук (РФ), и.о. профессора кафедры «Профессиональное и техническое обучение» ЗКАТУ имени Жангир хана.

Завражнов А.И.
Т 38 Технические средства в молочном скотоводстве: учеб.пособие/ А.И.Завражнов, С.М.Ведищев, М.К.Бралиев, А.В.Китун, В.И.Передня, Н.Н.Романюк, В.А.Бабушкин, В.Ф.Федоренко/ Под.ред. А.И.Заваражнова, - Уральск: Зап.-Каз. агр.-техн. ун-т им.Жангир хана, 2017. – 411 с.
ISBN 978-601-319-078-5

В учебном пособии изложены основные требования к механизации процессов в молочном животноводстве, освещены требования к машинам и оборудованию для приготовления и раздачи кормов, доения и первичной обработки молока, дан анализ конструкций и рабочих процессов этих машин, приведен теоретический расчет и методика выбора машин.

Предназначен для бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям «Агроинженерия», «Аграрная техника и технология», а также преподавателей, аспирантов и работников сельскохозяйственных предприятий. Большое внимание уделено автоматизации, роботизации, интеллектуализации выполняемых работ и созданию поточно-технологических линий.

Для магистрантов и студентов специальности «Аграрная техника и технология».

УДК 636(076.8)
ББК 45 я 73

© Завражнов А.И., Ведищев С.М., Бралиев М.К., Китун А.В., Передня В.И., Романюк Н.Н., Бабушкин В.А., Федоренко В.Ф., 2017
© Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, 2017

ISBN 978-601-319-078-5

Репозиторий ВГАТУ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 6
1 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ..... 7
1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОРМАХ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ПОДГОТВКЕ..... 7
1.1.1 Виды кормов и их характеристика..... 7
1.1.2 Общая технология кормления коров..... 10
1.2 ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРНОФУРАЖА..... 12
1.2.1 Зоотехнические требования к обработке зерновых кормов..... 12
1.2.2 Способы измельчения кормов..... 14
1.2.3 Дробилки для измельчения зернофуража..... 15
1.2.4 Рабочие органы дробилок..... 18
1.2.5 Определение затрат энергии на разрушение зерна в дробилках ударного действия..... 19
1.2.6 Определение параметров дробилки..... 21
1.2.7 Машины для подготовки к скармливанию зерна молочно восковой спелости и определение их основных параметров..... 25
1.2.8 Определение параметров плющильного аппарата..... 29
1.3 МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ..... 32
1.3.1 Типы измельчающих аппаратов. Основные закономерности резания лезвием..... 32
1.3.2 Типы питающих аппаратов..... 37
1.3.3 Основы теории резания лезвием..... 39
1.3.4 Определение величины угла заточки ножа при скользящем резании..... 42
1.3.5 Обоснование выбора толщины ножа..... 44
1.3.6 Определение затрат энергии на привод измельчителя..... 47
1.3.7 Расчет режущего аппарата барабанного типа..... 48
1.3.8 Расчет питающих аппаратов измельчителей..... 50
1.4 МЕХАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ К СКАРМЛИВАНИЮ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ..... 52
1.4.1 Устройство и рабочий процесс машин и оборудования для подготовки к скармливанию корнеклубнеплодов..... 52
1.4.2 Расчет параметров дисковой корнеклубнемойки..... 59
1.4.3 Расчет параметров шнековой мойки корнеклубнеплодов..... 60
1.4.4 Расчет дискового измельчителя корнеплодов..... 63
1.4.5 Расчет измельчающего аппарата с вальцовым подпором..... 64
1.5 МЕХАНИЗАЦИЯ ДОЗИРОВАНИЯ КОРМОВ..... 68
1.5.1 Классификация дозаторов..... 68
1.5.2 Дозаторы..... 71
1.6 МЕХАНИЗАЦИЯ СМЕШИВАНИЯ КОРМОВ..... 83
1.6.1 Оценка качества смешивания и виды смесителей кормов..... 83
1.6.2 Расчет параметров смесителей..... 86
1.7 МЕХАНИЗАЦИЯ УПЛОТНЕНИЯ КОРМОВ..... 91
1.7.1 Классификация способов уплотнения кормов..... 91
1.7.2 Основные закономерности рабочего процесса штемпельных прессов..... 92
2 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗДАЧИ КОРМОВ..... 95
2.1 Зоотехнические требования к кормораздающим устройствам..... 95
2.2 Мобильные кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота..... 98
2.2.1 Устройство и процесс работы мобильных кормораздатчиков..... 98
2.2.2 Электромобильные кормораздатчики для крупного рогатого скота..... 124
2.3 Определение основных конструктивных параметров мобильных раздатчиков кормов..... 126
2.3.1 Определение площади выгрузного окна дозатора кормов..... 126
2.3.2 Определение затрат энергии на привод шнека при смешивании кормов..... 127
2.3.3 Образование кормосмеси во взаимопересекающихся потоках кормовых компонентов..... 129
2.3.4 Определение технологических параметров мобильных раздатчиков кормов..... 131
2.4 Стационарные кормораздатчики для крупного рогатого скота..... 134

Репозиторий БГАТУ

2.5 Автоматизированные системы кормления животных..... 140
2.6 Расчет стационарных кормораздатчиков..... 151
2.6.1 Расчет параметров стационарного ленточного кормораздатчика..... 151
2.6.2 Устройство и расчет основных показателей стационарных цепочно-скребковых корморазлающих устройств..... 152
3 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МАШИННОГО ДОЕНИЯ..... 155
3.1 Молоко и его свойства. Оценка качества..... 155
3.2 Физиологические основы машинного доения коров..... 158
3.3 Способы доения коров..... 161
3.4 Тип, устройство и рабочий процесс доильных аппаратов..... 163
3.5 Расчет доильных аппаратов..... 185
3.6 Доильные машины и расчет расхода воздуха..... 190
3.6.1 Общие положения..... 190
3.6.2 Технологии и технические средства получения вакуума..... 191
3.6.3 Расход воздуха доильным оборудованием..... 197
3.6.4 Расчет вакуумных насосов..... 199
3.7 Доильные установки..... 205
3.7.1 Классификация доильных установок..... 205
3.7.2 Доильные установки АД-100 Б И ДАС-2В..... 209
3.7.3 Доильный агрегат АДМ-8А..... 211
3.7.4 Доильная установка УДМ-200..... 213
3.7.5 Низковакуумная доильная установка..... 216
3.7.6 Доильные установки для доения на пастбищах и в доильных залах..... 216
3.7.6.1 Универсальная доильная станция УДС-3Б..... 216
3.7.6.2 Доильная установка УДМ-Ф-1..... 218
3.7.6.3 Комплект оборудования К-Р-10..... 219
3.7.6.4 Установка УДЛ-Ф-12..... 220
3.7.7 Доильные залы..... 222
3.7.7.1 Общие положения..... 222
3.7.7.2 Автоматизированная доильная установка УДА-8А "ТАНДЕМ"..... 224
3.7.7.3 Доильная установка УДА-16А "ЕЛОЧКА"..... 227
3.7.7.4 Доильная установка УДА-100 "КАРУСЕЛЬ"..... 229
3.7.8 Доильные установки для подворья и малых ферм..... 230
3.7.8.1 Агрегат индивидуального доения АИД-2..... 230
3.7.8.2 Установка передвижная УДП-1..... 231
3.8 Технологический расчет линии машинного доения коров..... 233
3.9 Доильные роботы и автоматы..... 239
3.9.1 Устройство и работа доильных роботов..... 239
3.9.2 Технологические особенности доения коров доильными роботами..... 252
3.9.3 Организация движения животных и планировка животноводческих помещений с доильными роботами..... 253
4 ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА..... 256
4.1 Технологические схемы первичной обработки молока..... 256
4.2 Технологии и оборудование для очистки молока..... 257
4.3 Расчет фильтров и фильтр-прессов..... 261
4.4 Технологии и оборудование для охлаждения молока..... 262
4.5 Расчет оросительных охладителей..... 266
4.6 Рабочий процесс и расчет противоточного охладителя молока закрытого типа..... 271
4.7 Технологии и оборудование для охлаждения молока с помощью холодильных машин и установок..... 277
4.7.1 Танки-охладители и резервуары..... 277
4.7.2 Холодильные машины..... 285
4.7.3 Основные узлы и агрегаты холодильных установок..... 286
4.7.4 Проточные водоохлаждающие установки..... 295

Репозиторий БГАТУ

5 ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА..... 296
5.1 Основные положения о пастеризации..... 296
5.2 Оборудование для пастеризации молока..... 297
5.2.1 Ванны длительной пастеризации..... 297
5.2.2 Установки для кратковременной и мгновенной пастеризации..... 300
5.2.3 Установки для облучения молока..... 311
5.2.4. Установки для вакуум-термической обработки и стерилизации молока..... 313
5.3 Расчет пластинчатых теплообменных аппаратов для молока..... 314
6 ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕПАРИРОВАНИЯ, ГОМОГЕНИЗАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА..... 319
6.1 Классификация, устройство и работа сепараторов..... 319
6.2. Расчет сепараторов-сливкоотделителей..... 324
6.3 Гомогенизация молока..... 332
6.4 Насосы для транспортировки молока..... 334
6.4.1 Классификация и процесс работы центробежного насоса..... 334
6.4.2 Расчет центробежного насоса..... 335
6.4.3 Роторные насосы..... 337
6.4.4 Основы расчета роторного насоса..... 339
7 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УБОРКИ И ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА..... 342
7.1 Свойства навоза..... 342
7.2 Переработка навоза..... 343
7.2.1 Технология переработки путем длительного выдерживания..... 343
7.2.2 Технология пассивного компостирования в буртах..... 346
7.2.3 Технология активного компостирования в буртах..... 348
7.2.4 Переработка навоза, помета методом биоферментации в установках камерного типа.. 350
7.2.5 Переработка навоза, помета методом биоферментации в установках барабанного типа. 352
7.2.6 Переработка навоза с разделением на твердую и жидкую фракции..... 353
7.2.7 Анаэробная обработка с генерацией электричества и тепла..... 354
7.2.8 Технология термической сушки навоза..... 355
7.2.9 Термофильная аэробная стабилизация..... 356
7.2.10 Вермикультивирование..... 357
7.3 Машины и оборудование для уборки и подготовки навоза к использованию..... 358
7.3.1 Способы и средства удаления навоза..... 358
7.3.2 Гидравлические способы уборки навоза..... 360
7.3.3 Разделение жидкого навоза на фракции..... 362
7.3.4 Очистка жидкой фракции от взвешенных частиц..... 371
7.3.5 Средства гомогенизация навоза..... 372
7.3.6 Механические средства уборки навоза..... 374
7.3.7 Анализ способов и средств транспортировки навоза..... 379
7.3.8 Роботизированные установки для уборки навоза..... 382
8 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА..... 388
8.1 Основные направления развития техники в России..... 388
8.2 Мировые тенденции развития техники для молочного скотоводства..... 390
8.3 Инновации в менеджменте животноводства..... 394
8.4 Электронные системы идентификации..... 399
8.5 Точные технологии в сельском хозяйстве..... 402
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... 406

Репозиторий БГАТУ

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших отраслей сельскохозяйственного производства является животноводство, где производятся не только незаменимые продукты питания для человека, сырье для легкой и пищевой промышленности, органические удобрения, но это и сфера для трудовой деятельности сельского населения. Животноводство оказывает влияние на экономику производства сельских товаропроизводителей, социальное обустройство и образ жизни сельского населения, демографическую ситуацию на селе. Уровень развития животноводства является одним из показателей, характеризующим состояние экономики не только отдельных хозяйств, но и больших регионов и государства в целом.

Важнейшей и наиболее актуальной задачей, стоящей перед сельскохозяйственными производителями, аграрной наукой и сферами производства, взаимодействующими с агропромышленным комплексом, является обеспечение максимальной реализации имеющегося генетического потенциала, продуктивности животных.

В условиях жесткой конкуренции товаропроизводителей молока возрастает роль производственно-технических и технологических факторов, повышаются требования кадровому обеспечению ферм, их теоретической и практической подготовке. Поэтому без знания современного оборудования для обслуживания коров, без высокой квалификации обслуживающего персонала невозможно производство конкурентной продукции.

При комплексной механизации производственные процессы на ферме представляют собой систему инженерно-технических и связанных с ними организационно-технологических мероприятий.

При выборе машин для производства продукции животноводства следует исходить из того, что число машин, входящих в каждую линию, должно быть минимальным. Опыт эксплуатации поточных линий показал, что чем меньше машин в линии, чем она короче, тем при прочих равных условиях она более надежна в эксплуатации.

В учебном пособии изложены требования к механизации поточно-технологических линий в животноводстве, рассмотрены конструктивные схемы и рабочие процессы машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов, доения и первичной обработки молока, удаления и утилизации навоза на молочной ферме, вопросы оптимизации их параметров, освещены вопросы их теоретического расчета и методики выбора, значительное внимание уделено тенденциям развития техники для животноводства. Особое внимание уделено вопросам автоматизации и роботизации процессов, создано интеллектуальной техники и разработке на их основе технологий производства.

Приведенные материалы могут быть использованы при принятии научно обоснованных решений, направленных на модернизацию сельскохозяйственного производства на основе инновационного развития отрасли.

Учебное пособие предназначено как для бакалавров так и магистрантов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» и «Аграрная техника и технология», изучающих дисциплины «Механизация и технология животноводства», «Машины и оборудование в животноводстве», «Оптимизация технологий и технических средств в животноводстве» и ряда других при формировании компетенций: владение способами анализа качества продукции, организации контроля качества и управления технологическими процессами; способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами; готовность к участию в проектировании новой техники и технологии. Для подготовки магистров необходимо обратить особое внимание на изучение разделов 1.2, 1.3, 1.4, 1.6, 2.3, 2.6, 3.6, 3.8, 3.9, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 5.1, 5.3, 6.1, 6.2, 6.4, 7.2, 7.3, 8, которые могут быть полезны и бакалаврам.

Издание рассчитано на широкий круг руководителей, специалистов, ученых, преподавателей и людей, интересующимися проблемами сельскохозяйственного производства.

Авторы выражают глубокую благодарность Константинову Михаилу Мееровичу, доктору технических наук, профессору за помощь в подготовке материалов учебного пособия.

Репозиторий БГАТУ

1 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ

1.1 Общие сведения о кормах и требования к их подготовке к скармливанию

1.1.1 Виды кормов и их характеристика

Корма - это специально приготовленные физиологически приемлемые продукты, содержащие в доступном виде необходимые животному питательные вещества в усвояемой форме и не оказывающие вредного действия на здоровье животных и качество получаемой от них продукции.

В кормлении животных используют широкий ассортимент кормовых средств, различающихся как по источнику получения, так и по химическому составу и питательности.

По источникам получения корма разделяют на растительные, животные, минеральные, микробиологического и химического синтеза, комбикорма, пищевые отходы.

В практике кормоприготовления принято следующее деление кормов (табл.1.1):

Каждый вид используемых в скотоводстве кормов характеризуется физико-механическими свойствами. Знание свойств кормового сырья является основанием к расчету рабочих органов, снижению энерго- и металлоемкости кормоприготовительных машин, повышению качества кормов в процессе подготовки к скармливанию.

К физическим свойствам кормов относят влажность, гранулометрический состав (размеры частиц и их соотношение), объемную массу, плотность, пористость, водопоглощаемость, водоотдача, гигроскопичность, теплоемкость, теплопроводность, вязкость и т.д.

Таблица 1.1 – Классификация кормов

Происхождение кормов	Группы кормов	Виды кормов
Растительного происхождения	Зеленые	Пастбищная трава
	Сочные	Корнеклубнеплоды, силос, сенаж
	Грубые	Сено, солома
	Концентрированные	Зерно, комбикорм
	Отходы технических производств	Отруби, жмых, жом, патока, барда, и др.
	Отходы пищевых производств	Остатки овощей и фруктов
Животного происхождения	Молочные	Цельное молоко, ЗЦМ, сыворотка, пахта и т.п.
	Отходы мясокомбинатов	Костная мука, мясокостная мука
	Рыбные	Рыбная мука
Минеральные		Поваренная соль, фосфат калия, и натрия, мел и др.
Синтетические препараты		Карбомид, мочевина, фосфаты, аммония, кормовые дрожжи
Биологические активные вещества		Соли микроэлементов, витамины, антибиотики, ферменты и т.п.

Механические свойства кормов включают коэффициенты внешнего и внутреннего трения, бокового распора, угол естественного откоса, характеристики сопротивляемости сжатию, резанию, разрушению ударом и т.д. В табл.1.2 приведены некоторые физико-механические свойства кормов.

Наиболее существенными свойствами кормов для того или иного технологического процесса являются те, которые определяют реакцию системы на внешние механические воздействия. Такие свойства называют *технологическими*, они могут быть из ряда физических или механических. Например, для процессов очистки ингредиентов комбикормов важны форма и плотность частиц, при измельчении фуражного зерна – его прочностные свойства.

Репозиторий БГАТУ

Таблица 1.2 - Основные физико-механические свойства кормов

Корм	Влажность, %	Объемная масса, кг/м^3	Угол естественного откоса, град
Сено:			
через 3 мес. после укладки;	15…17	60….85	
прессованное;	-	220…290	
измельченное	12…-30	60…150	50…60
Солома:			
через 3 мес. после укладки;	-	45…50	
прессованное	-	220…290	
Травяная мука	12…14	180…200	34…65
Зеленая масса свежескошенная			
рожь	73…77	280…350	45…47
вика-овес	78…80	280…330	47…49
кукуруза	78…80	300…350	50…55
Силос кукурузный	72…77	350…400	45…55
Сенаж	50…55	300…350	45…55
Свёкла кормовая	86…88	570…650	30…40
сахарная	74…76	580…670	32…45
Морковь	86…88	560…570	35…45
Картофель	75…78	620…700	28…43
Зерно			
ячменя	13…15	550…750	27…35
кукурузы	14…15	700…820	28…35
овса	13…15	400…560	33…35
пшеницы	13…15	650…760	35…37
гороха	13…15	600…800	25…36
Дерть			
ячменная	14…15	460…650	32…36
кукурузная	14…15	680…780	33…36
овсяная	14…15	300…360	45
Жом свекловичный	88…92	550…700	36…38
Меласса	20…28	1380…1440	-
Жмых молотый	-	650…750	40…45
Шрот	-	340…600	45…47
Пищевые отходы		500…600	
Комбикорм			
рассыпной	14…15	500…550	32…35
гранулированный	12…14	600…700	17…22
Соль поваренная			
мелкая	8…12	1000…1300	30
каменная	2…12	1000…2200	40…50
Мел дробленый	2…12	980…1400	40…50
Кормосмесь для КРС			
Солома, силос	60…64	150…170	54…58
Солома, зеленая масса	57…65	70…80	55…57
Солома, силос, конц. корма, меласса	72,9	230	-
Солома, кормовая свекла, меласса	54,5	150	-
солома, силос, корм.свекла, комбикорм, меласса	74	200	-

Репозиторий БГАТУ

Использование кормов в естественном виде не эффективно, одни корма (пищевые отходы) без обработки опасны, так как в них могут содержаться посторонние примеси и болезнетворные микробы, а при использовании других (рассыпное сено, солома) возникают трудности при раздаче животным с использованием технических средств (кормораздатчиков).

В связи с этим используют различные способы приготовления кормов из которых можно выделить следующие: механический - измельчение, смешивание, гранулирование и др., влаготепловая обработка - варка, запаривание, стерилизация пищевых отходов; химический, чаще термохимический - обработка соломы растворами кальценированной соды, щелочи или аммиаком; биологический - дрожжевание; комбинированный - последовательно используют различные способы обработки кормов.

Для максимального использования питательных свойств кормов и кормовых смесей к технологии их приготовления предъявляют следующие требования.

Корнеклубнеплоды обычно загрязнены землей, песком и могут содержать посторонние примеси (камни, куски дерева, металла и др.), поэтому перед скармливанием животным их необходимо обязательно очищать, мыть и измельчать. Фактическая загрязнённость корнеклубнеплодов после уборки может достигать 12…20 % по массе и более. Допускаемая же загрязнённость после мойки должна быть не более 2…3 %. Степень загрязненности определяют опытным путем по формуле

$$\delta = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \qquad (1.1)$$

где m_1 – общая масса порции продукции до мойки, кг; m_2 – масса порции чистого продукта, кг.

Продукт в воде следует держать недолго, иначе вымываются ценные питательные вещества (крахмал, сахар). Для моек непрерывного действия общее время пребывания корнеклубнеплодов в воде должно быть в пределах 60…120 с. Это время складывается из времени отмокания ($\tau_{от}$ = 60…90 с), т.е. пребывание корнеклубнеплодов в загрузочной ванне, и времени мойки ($\tau_м$= 30…40 с), т.е. пребывание в желобе шнека. По опытным данным расход воды в среднем составляет 250…300 кг на 1000 кг корнеклубнеплодов.

Корнеклубнеплоды измельчают непосредственно перед скармливанием или не более чем за 1,5…2 часа до скармливания, так как в нарезанном виде они быстро портятся. Толщина резки корнеплодов при скармливании крупному рогатому скоту должна быть 10…15 мм, телятам – 5…10 мм.

Физико-механические свойства корнеклубнеплодов представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3- Физико-механические свойства корнеклубнеплодов

Показатели	Картофель	Свёкла	Морковь
Диаметр (ширина), мм	65…100	150…180	40…60
Длина, мм.	75…100	150…200	150…200
Влагосодержание, %	75	80	85
Объёмная масса, кг/см^3	700	650	580
Модуль упругости, МПа	34…54	54…83	69…83
Предел прочности при сжатии, МПа	10…18	13…24	13…25

Величина удельного сопротивлению резанию корнеклубнеплодов колеблется в пределах 1,48…1,96 кН/м.

К стебельчатым кормам относят сено и солому. Эти корма содержат не более 22 % влаги.

Растительные корма надо убирать в момент наибольшей урожайности и питательной ценности.

Грубые корма для крупного рогатого скота рекомендуется измельчать до частиц размером 20…40 мм (80% по массе). Допускаются частицы (20% по массе) длиной до 50 мм. При этом грубые корма должны быть расщеплены вдоль волокон и перемяты.

Репозиторий БГАТУ

Поедаемость соломы жвачными выше при условии ее расщепления вдоль волокон не менее 85 % и при длине частиц не менее 10÷15 мм. Более мелкое измельчение соломы вредно, так как переваримость ее жвачными животными не увеличивается, а жирность молока снижается.

Измельченную солому можно скармливать животным в составе кормосмеси и выдавать кормораздатчиками общего назначения.

Сено измельчают для повышения поедаемости и улучшения его технологических свойств. Измельченное сено может быть использовано для приготовления полнорационных кормовых смесей.

Средние значения удельного сопротивления резанию сена колеблются в пределах 5,7…12,0 кН/м. Если сопротивление сена принять за 100 %, то сопротивление травы составляет 80…90 %, соломы 55…60 %. Скорость разрушения стебельных кормов ударом составляет 50…60 м/с.

Силосуемый корм является источником легкопереваримых протеина и углеводов. На качество конечного продукта оказывает влияние и степень измельчения зеленой массы – длина резки должна быть не менее 20 мм. Измельчение зеленой массы позволяет выдавать его в кормушки кормораздатчиками общего назначения.

После обработки отдельные виды кормов дозируют и смешивают. Соотношение компонентов в кормовых смесях зависит от вида и групп животных и наличия в хозяйстве кормовых компонентов. При дозированной подаче компонентов в смеситель отклонение от заданной нормы для концкормов должно быть не более ±5%, для сочных кормов ±15%, грубых кормов ±10%, для добавок ±1%. Показатель степени однородности кормовой смеси не менее 90%.

1.1.2 Общая технология кормления коров

Организация полноценного кормления коров предъявляет определенные требования к концентрации в сухом веществе кормов энергии, протеина, сахара и каротина (табл.1.4).

Кормление крупного рогатого скота остается пока одним из наименее механизированных процессов, в то время как на него приходится 30-40% общих трудозатрат на ферме. Это объясняется рядом причин: разнообразие кормов; многокомпонентность рациона; большие различия в объемной массе и других физико-механических свойствах, а также в нормах выдачи различных компонентов рациона; необходимость дифференцированного дозирования и многократность скармливания некоторых компонентов; разбросанность помещений на территории фермы, разнообразие их размеров, конструкций и планировок; отсутствие механизированных кормохранилищ.

Применяются три *способа скармливания* кормов крупному рогатому скоту: раздельно или покомпонентно, когда каждый компонент рациона скармливается в отдельности; в виде полнорационной кормосмеси; комбинированный способ, когда основная доза кормов скармливается в виде кормосмеси, а отдельные компоненты, например комбикорм и некоторые добавки, скармливаются отдельно.

При раздельном скармливании сначала раздают сочные корма, а затем на них насыпают концентрированные. Животные в первую очередь съедают более вкусные концентрированные корма, а потом менее вкусные сочные, причем из сочных кормов они сначала выбирают более вкусные тонкие листочки, затем тонкие части стеблей. При этом на корма попадает слюна. Корма начинают разлагаться, теряют свои вкусовые и питательные качества. Грубые части стеблей растений остаются несъеденными. Появляется необходимость в очистке кормушки или кормового стола, т. е. надо вручную выбрасывать остатки начавших разлагаться кормов. Таким образом, при раздельном скармливании 15…20% сочных и грубых кормов, на заготовку которых затрачено много труда и средств, выбрасываются. Кроме того, при подобном скармливании концентрированные корма, попадая в рубец коровы, повышают кислотность среды. Систематическое повышение кислотности приводит к ацидозу, постепенно переходящему в кетоз. Чтобы предотвратить эти заболевания, разовая дача концентрированных кормов при раздельном скармливании не должна превышать 1,5 кг. Высокопродуктивным коровам требуется 8…11 кг таких кормов в сутки, но для этого их придется кормить 6-8 раз, что требует больших затрат ручного труда. Поэтому, как правило, суточную норму концентратов делят на 2…3 дачи.

Репозиторий ВГАУ

За одну дачу корова получает 2,7…5,5 кг концентратов и заболевает. То есть в первую очередь ацидоз и кетоз поражают высокопродуктивных коров, получающих большие дозы концкормов.

Повышение кислотности среды рубца не происходит, если все компоненты рациона предварительно тщательно перемешаны и выдаются животным в виде *полнорационной кормосмеси*. В такой смеси легкопереваримые углеводы протеин, клетчатка, микро- и макроэлементы находятся в нужном для правильного пищеварения соотношении. При том же рационе повышается молочная продуктивность коров, улучшаются показатели воспроизводства и здоровья животных. Резко сокращаются потери кормов в отходы.

Таблица 1.4 – Требования к качеству травяных и концентрированных кормов для высокопродуктивных коров

Корма	Годовой удой, кг	Содержится в 1 кг сухого вещества				
		ОЭ, МДж	Корм. ед., г	Сухого протеина, г	Сахара, г	Каротина, мг
1	2	3	4	5	6	7
Сено	6000	8,89	0,62	128	35	22
	7000	8,97	0,65	130	38	25
	8000	9,05	0,68	135	40	27
	9000	9,10	0,68	140	42	30
сенаж	6000	9,20	0,70	132	34	50
	7000	9.40	0,70	140	37	55
	8000	9,60	0,80	146	39	60
	9000	9,75	0,80	154	41	65
Силос из подвяленных трав	6000	9,20	0,70	140	30	55
	7000	9,50	0,72	146	35	60
	8000	9,80	0,75	152	38	65
	9000	9,80	0,80	160	40	75
Силос	6000	9,00	0,65	120	12	60
	7000	9,20	0,70	140	14	65
	8000	9,50	0,75	150	16	70
	9000	9,80	0,77	160	18	75
Комбикорма для стойлового периода	6000	12,20	1,10	190	70	40
	7000	12,60	1,10	200	70	40
	8000	12,90	1,15	213	80	60
	9000	13,10	1,15	220	80	60
Комбикорма для пастбищного периода	6000	11,00	0,90	130	60	40
	7000	11,20	0,95	135	60	40
	8000	11,40	1,00	140	70	40
	9000	11,60	1,10	145	70	40
Зеленая масса многолетних и однолетних трав	6000	10,10	0,83	150	130	170
	7000	10,20	0,84	160	130	170
	8000	10,30	0,85	170	130	170
	9000	10,30	0,85	170	130	170

Перечисленные преимущества скармливания кормов животным в виде кормосмеси способствовали широкому внедрению следующих *типов кормления*:

– сенажно-концентратного;
– силосо-концентратного;
– силосо-корнеплодо-концентратного;
– сено-сенажно-концентратного и других.

Однако кормосмесь не обеспечивает индивидуальное кормление животных, особенно высокоэнергетическими кормами. Такая неравномерность раздачи кормов снижает их энергетическую отдачу, а следовательно и рентабельность отрасли.

Репозиторий БГАТУ

В этом случае повторному измельчению подвергались сенаж и силос, что увеличивает энергозатраты и металлоёмкость машин и оборудования.

При решении задачи по повышению эффективности использования кормов выделены два направления в нормированном кормлении животных:

– обеспечение индивидуального кормления на базе сложных автоматизированных систем;

– кормление группы животных.

Система индивидуального кормления животных включат в себя управляемый электронно-разрешающим устройством кормораздатчик. Данная система позволяет распознавать сигнал, идущий от закреплённого на каждом животном минипередатчика и организовать индивидуальное кормление и нормирование кормов в зависимости от продуктивности и физиологического состояния животного.

Выбор той или иной технологии подготовки и раздачи кормов в современных условиях диктуется жесткой конкуренцией в животноводстве, при этом во главу угла ставится повышение продуктивности животных и снижение издержек на корма, их приготовление и раздачу. Качество полученной продукции животноводства часто просто не рассматривается как критерий оптимизации производства.

На молочных фермах применяются следующие *схемы подготовки и раздачи кормов*:

1) Подготовка и раздача кормосмеси при помощи мобильного смесителя - раздатчика кормов. При этом раздатчик (самоходный или прицепной) подъезжает к хранилищу отдельных видов кормов, загружается ими и направляется к коровникам, непрерывно измельчая и перемешивая составляющие рациона. Раздача кормосмеси производится при движении кормораздатчика - смесителя по кормовому проезду, при этом корм выгружают прямо на пол (кормовой стол).

Эта же схема применяется на откормочных фермах крупного рогатого скота и овцеводческих фермах.

Данная технологическая схема не позволяет использовать в зимних условиях корнеклубнеплоды и жидкие питательные растворы.

2) Совместное использование кормоцеха и мобильного раздатчика - смесителя. Кормосмесь готовится в две стадии:

- первая стадия - в цехе при помощи стационарных смесителей - измельчителей приготавливается смесь из грубых кормов, корнеклубнеплодов, концкормов и питательных растворов, которая выгружается в бункер мобильного раздатчика - смесителя;

- вторая стадия - догрузка в указанный бункер силоса или сенажа в местах их хранения, дополнительное перемешивание кормов в кормораздатчике в процессе их доставки к местам скармливания, раздача.

3) Кормосмесь готовится в кормоцехе, сблокированным с коровником. Готовая кормосмесь перегружается в подвесной рельсовый кормораздатчик, который сразу же перемещается в коровник и раздает корма.

1.2 Измельчение зернофуража

1.2.1 Зоотехнические требования к обработке зерновых кормов

Разрушение зерновых кормов обусловлено физиологией сельскохозяйственных животных, так как скорость обработки частиц корма желудочным соком прямо пропорциональна площади их поверхности. Частицы с большей общей поверхностью способствуют ускорению пищеварения и повышению усвояемости питательных веществ. При измельчении зерна уменьшаются его геометрические размеры, что исключает восстановление прежней формы и снижает энергозатраты процесса уплотнения корма при закладе на хранение.

Одна из широко известных технологий приготовления концентрированных кормов предусматривает сушку влажного зерна до 14 % и закладку его на хранение в специализированные помещения, где необходимо поддерживать режим влажности воздуха. Скармливают эти корма в измельченном виде.

Репозиторий БГАТУ

Показатель однородности состава измельченного зерна, обеспечивающий одинаковую кормовую ценность корма, должен быть не менее 90…95 %. Зернофураж не должен содержать вредных примесей, земли, камней и соломистых примесей.

Содержание целых зерен в измельченном продукте не должно превышать 0,3…0,5 %, так как нарушение этих границ ведет к перерасходу кормов. Однако чрезмерное измельчение зерна до состояния пыли также снижает эффективность его использования. К тому же при переизмельчении увеличиваются затраты энергии на процесс дробления.

В качестве критерия крупности продукта используют *модуль помола*. В соответствии с зоотехническими требованиями средневзвешенный диаметр частиц зернофуража должен находиться в пределах:

– 0,2…1,0 мм (тонкий помол);

– 1,0…1,8 мм (средний помол);

– 1,8…2,6 мм (грубый помол).

Модуль помола определяют при помощи *ситового анализа*. Для этого навеску дерти (100 г) просеивается через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 5, 3, 2 и 1 мм при грубом и среднем измельчении или диаметром 4, 3, 2, 1 и 0,2 мм – при тонком. Исчисление средневзвешенного диаметра (т.е. модуля размола) проводят по формуле

$$M = \frac{d_1 m_1 + d_2 m_2 + \ldots + d_{n\phi} m_{n\phi}}{100} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i m_i}{100} \quad (1.2)$$

где d_1 – средний размер отверстий двух смежных сит, мм; m_1 – массовый выход фракции, т.е. остаток на каждом сите, выраженный в процентах от массы всей навески, гр; n_ϕ – количество фракций, на которое разделилась навеска, шт.

Практическое определение площадей поверхности частиц проводят методом ситового анализа при помощи лабораторного рассева. В результате просеивания отобранного образца продукта получают классы частиц, отличающихся крупностью. Суммарную поверхность частиц (приближенно считая их кубической формы) всего образца подсчитывают по формуле

$$S = 6\sum_{i=1}^{n} \frac{m_i}{\rho d_i} \quad (1.3)$$

где m_i – масса i-го класса частиц, кг; ρ – плотность материала частиц, кг/м^3.

Технология консервирования зерна на ранних стадиях спелости позволяет проводить уборку зерновых культур в начале восковой спелости зерна при влажности его от 14 до 40 %. Перед закладкой на хранение предусматривается разрушение влажного зерна плющением, которое предусматривает разрушение зерна методом раздавливания (рекомендуемая толщина плющеного зерна злаковых культур должна быть не более 1,1…1,8 мм). Для сохранности зерна в период хранения в массу вводится консервант с соблюдением дозировки и тщательного перемешивания. При закладке зерна на хранение его уплотняют с целью удаления воздуха с корма и хранят в герметичных траншеях с облицовкой стен и верха полиэтиленовой пленкой или полиэтиленовых рукавах.

Заготовка на корм зерна, убранного в период молочно-восковой спелости, имеет следующие достоинства:

– питательная ценность зерновых в период молочно-восковой спелости наивысшая, поэтому с 1 га площади заготавливают на 10 % больше питательных веществ;

– урожай собирают на 2…3 недели раньше обычных сроков, что важно для регионов с неустойчивым климатом;

– исключаются сушка зерна и его предварительная очистка.

Известен способ скармливания фуражного зерна влажностью от 14 до 40 %, в соответствии с которым зерно восковой спелости необходимо измельчать. В данном случае целостность зерна нарушается путём разрезания на части его клеток, что сводит к минимуму выделение сока, наиболее богатого питательными веществами.

Репозиторий БГАТУ

1.2.2 Способы измельчения кормов

Корма подготавливают в целях:
– повышения их переваримости и использования питательных веществ;
– улучшения технологических свойств;
– обеззараживания.

Среди известных способов подготовки кормов к скармливанию наибольшее распространение нашло измельчение.

Измельчением называется процесс разделения механическим путем твердого тела на части, то есть путем приложения внешних сил, превосходящих силы молекулярного сцепления.

В технике измельчения кормов используют известные из теории упругости виды деформаций твердого тела: сжатие, растяжение, изгиб и сдвиг. Способы разрушения основаны на образовании в кусках исходного материала необратимых деформаций, которые можно классифицировать на такие способы измельчения как измельчение ударом (при котором процесс осуществляется быстровращающимися молотками от 40…100 м/с), раскалывание, раздавливание (плющение, осуществляется вращающимися с разной скоростью навстречу друг другу вальцами), истирание, резание лезвием (резание рубкой, при котором угол резания равен нулю. В этом случае нож направлен вертикально на измельчаемый корм; резание со скольжением, при котором нож расположен по отношению к разрезаемой массе под углом $\alpha \approx 25…30°$. Этот процесс является наименее энергоемким), пуансоном, резцом (рис 1.1).

Ни в одном типе измельчителей приведенные способы не осуществляются в «чистом виде», тем не менее, в каждом из них можно выделить преобладающий способ измельчения. Например: в молотковых дробилках - измельчение ударом, в жмыходробилках - раскалывание, в вальцовых мельницах - плющение и т.п.

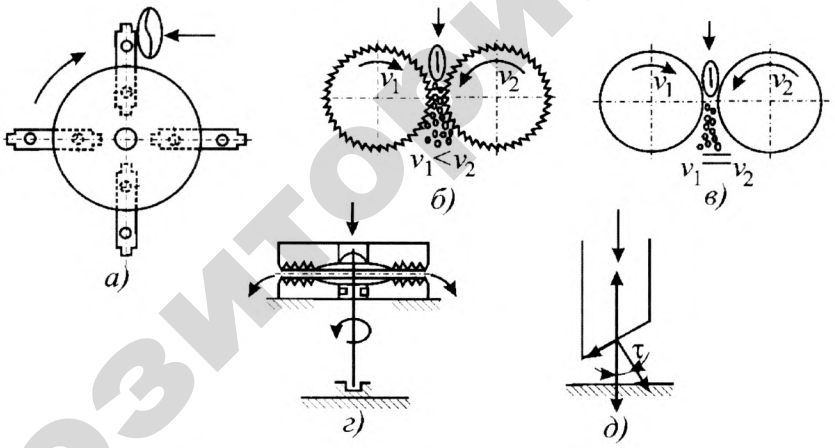


Рисунок 1.1 - Способы измельчения кормов:
а) ударом; б) скалывание; в) плющение; г) истирание или размол; д) резание

Выбор способа измельчения концентрированных кормов определяется рядом факторов, в числе которых физико-механические свойства измельчаемого зерна.

В зависимости от характера и величины, приложенных к зерну внешних сил в зерне возникают деформации, которые могут быть упругими (обратимыми) и пластическими (необратимыми).

При *упругой деформации*, после снятия внешних сил, зерно под действием сил межатомного взаимодействия возвращается в первоначальное состояние.

Пластические деформации проявляются при нагрузках, превышающих предел упругости. В отличие от других, пластические деформации развиваются с очень маленькой скоростью. Увеличение пластической деформации зависит не только от величины приложенного напряжения (нагрузки), но и скорости и продолжительности нагружения.

Репозиторий БГАТУ

Развитие упругих, а затем пластических деформаций в зерне при воздействии на него внешних сил заканчивается разрушением. Оно наступает при возникновении в нем напряжений, превышающих некоторый предел, называемый пределом прочности, или критическим напряжением:

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{2E\lambda}{\pi d_м}} \quad (1.4)$$

где E – модуль упругости материала; $l_м$ – длина трещины в материале, м; λ – удельная работа разрушения на единицу приращения поверхности продукта (константа материала).

Если задача состоит в хрупком измельчении зерна, то усилие следует прилагать быстро, прежде чем успеют развиться в зерне релаксационные процессы (рассасывание напряжений). При этом зерно претерпевает небольшую деформацию.

Если требуется вязкое разрушение, то усилие нужно прилагать медленно. В этом случае будет преобладать не хрупкое разрушение, а расплющивание зерна.

Повышение продуктивности животных и снижение затрат кормов на единицу продукции немыслимо без эффективного использования кормов. Важно не просто скормить корма, а использовать их с максимальной отдачей в виде молока и привесов.

1.2.3 Дробилки для измельчения зернофуража

Для подготовки к скармливанию зернофуража путем ударного воздействия используются *молотковые дробилки*. В машинах этого типа кроме разрушения от ударов по зерну молотками, продукт дополнительно измельчается при ударах о рифленые деки.

По расположению рабочей камеры дробилки могут горизонтальные и вертикальные. Эти машины, в зависимости от организации рабочего процесса, подразделяются на:

– машины открытого типа, в которых материал не участвует в круговом вращении. В таких дробилках продукт быстро эвакуируется из рабочей камеры, а механическим фактором измельчения является свободный удар молотка по поступающему материалу. Технологическая схема рабочего процесса *дробилки открытого типа* представлена на рис. 1.2.

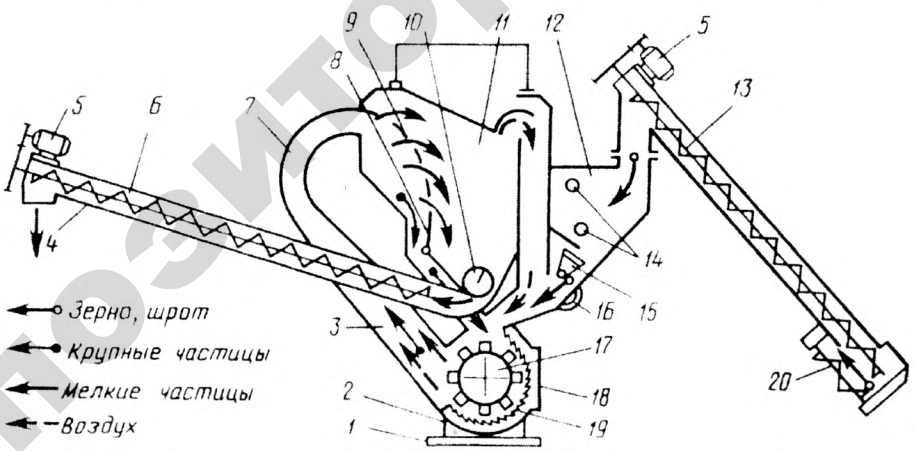


Рисунок 1.2 - Схема рабочего процесса дробилки открытого типа:
1 – рама; 2 – корпус; 3 – камера измельчения; 4 – выгрузной шнек; 5 – электродвигатель; 6 – корпус шнека; 7 – кормопровод; 8 – заслонка; 9 – сепаратор; 10 – шнек разделительной камеры; 11 – разделительная камера; 12 – бункер для зерна; 13 – загрузочный шнек; 14 – датчики уровня; 15 – заслонка бункера; 16 – магнит; 17 – дробильный барабан; 18 – крышка; 19 – дека; 20 – вспомогательный шнек

Дробильный барабан 17 расположен горизонтально и закреплен внутри корпуса 2, состоит из вала с набором дисков и шарнирно качающихся на осях молотков. На внутренней, цилиндрической, поверхности корпуса 2 установлены деки 19, положение которых относительно мо-

Репозиторий БГАТУ

лотков регулируется. Снаружи, к корпусу 2 крепиться разделительная камера 11 и кормопровод 7, бункер 12 для зерна.

Разделительная камера 11 служит емкостью в которой измельченный продукт разделяется на крупную и мелкую фракции. Перегородки в камере 11 образуют каналы – один для возврата воздуха в дробильную камеру, другой для возврата крупной фракции на доизмельчение. В нижней части камеры 11 установлен шнек 10 для выгрузки из нее готового продукта.

Крупность помола регулируют поворотом заслонки 8 в разделительной камере 11 и сменным сепаратором 9. Сепаратор 9 устанавливают в зависимости от вида измельченного зерна.

В бункере установлены магниты для улавливания металлических примесей и датчики нижнего и верхнего уровня зерна, посредством которых включается и отключается загрузочный шнек.

– в *дробилках закрытого типа* поступающий в рабочую камеру зерновой материал совершает многократное круговое движение. В дробилках закрытого типа решето и деки охватывают весь барабан. Технологическая схема рабочего процесса дробилки закрытого типа, ротор которой расположен горизонтально, представлена на рис. 1.3.

Дробилка состоит из дробильного аппарата, вентилятора 4, загрузочного бункера 1, циклона 10 со шлюзовым затвором 9 и двух патрубковым раструбом 8, нагнетательного и отводящего трубопроводов, фильтра 11 и системы электрооборудования. Все узлы смонтированы на раме.

Загрузочный бункер для зерна имеет в нижней части заслонку, которая регулирует поступление сыпучих кормов в дробильную камеру.

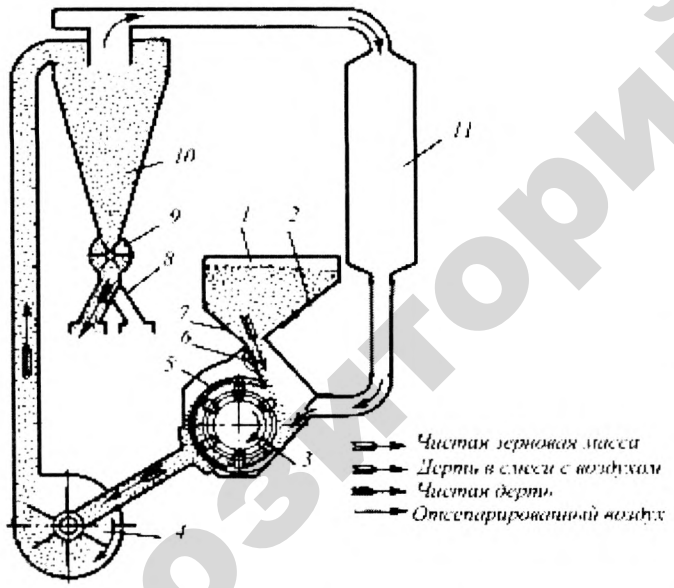


Рисунок 1.3 - Схема рабочего процесса дробилки закрытого типа:
1 – зерновой бункер; 2 – боковая стенка; 3 – молотки, 4 – вентилятор; 5 – решето; 6 – магнитный сепаратор; 7 – заслонка; 8 – раструб мешкодержателя, 9 – шлюзовой затвор; 10 – циклон; 11 – фильтрующий рукав

Циклон 10 отделяет дробленое зерно от воздуха. Снизу к нему прикреплен шлюзовой затвор. Сверху находится цилиндрический патрубок с улиткообразным выбросным кожухом.

Шлюзовой затвор 9 предназначен для вывода муки из нижней части циклона 10 и состоит из чугунного корпуса, боковин и ротора с прорезиненными лопастями. Он препятствует выходу воздушного потока из циклона. Привод ротора осуществляется клиноременной передачей, червячным редуктором и гибкой муфтой. Снизу шлюзового затвора закреплен двух патрубковый раструб с перекидной заслонкой и мешкодержателями.

Пневмопроводы соединяют циклон с вентилятором, и через полотняный фильтр 9 с подводящим воздушным патрубком.

Дробильный аппарат состоит из чугунного корпуса 4, боковины 3, откидной крышки, двух рифленых дек 5, сменного решета и дробильного барабана (рис. 1.4).

Репозиторий БГАТУ

При измельчении зерна, в камеру дробилки вставляют решето. Требуемая степень измельчения зерна обеспечивается с помощью сменных решет 5 с отверстиями требуемого размера, например 4; 6; 8 и 10 мм.

Дробильный барабан состоит из дисков 6, закрепленных на валу шпонкой 11. Расстояние между дисками зафиксировано распорными втулками 10. В выполненных на дисках 6 отверстиях крепятся оси 9, на которых установлены молотки 7. Расстояние между молотками отрегулировано распорными втулками 8.

Верхнее окно камеры дробильного аппарата соединено с загрузочным бункером 1, нижнее – с подводящим воздушным патрубком, имеющим продольную щель для направления воздушного потока в дробильную камеру. На задней стенке верхнего окна закреплен магнитный сепаратор 6.

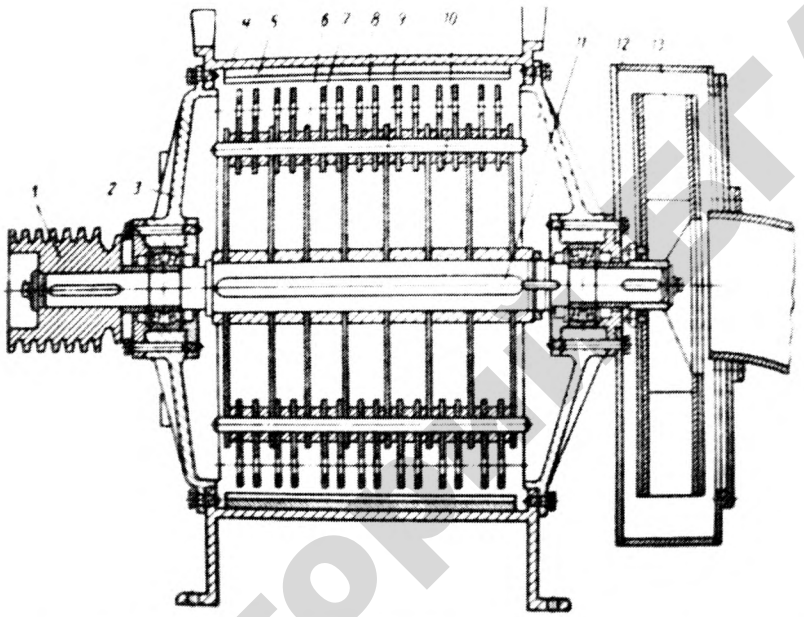


Рисунок 1.4 - Дробильный аппарат с вентилятором:1 – шкив; 2 – двухрядный сферический подшипник; 3 – боковина; 4 – корпус; 5 – дека; 6 – диск; 7 – молоток; 8, 10 – распорные втулки; 9 – ось; 11 – шпонка; 12 – кожух вентилятора; 13 – вентилятор; 14 – всасывающий патрубок

При дроблении зерновых кормов в крышку дробильной камеры устанавливают сменное решето. Нижнее окно крышки соединяют сменным всасывающим патрубком с вентилятором. Включают дробилку в работу и регулируют заслонкой зернового бункера степень загрузки.

Загружаемое в приемный бункер зерно очищается магнитным сепаратором от стальных предметов и попадает в дробильную камеру. Под действием ударов молотков оно частично разрушается. Неразрушенные частицы отбрасываются на деки и решета, где окончательно измельчаются.

Частицы, по размеру меньшие или равные отверстию решета, попадают в зарешетную полость крышки дробильной камеры, из которой потоком воздуха по всасывающему патрубку, вентилятору и нагнетательному пневмопроводу перемещаются в циклон. В циклоне происходит отделение продукта от воздуха, откуда он через шлюзовой затвор и раструб поступает в тару, а воздух уходит через отводящий пневмопровод, фильтр и приемный воздушный патрубок снова в дробильную камеру.

Часть воздуха через фильтр выходит наружу. Этим создается некоторое разрежение при выходе в дробильную камеру, благодаря чему устраняется распыливание измельченного корма через неплотности дробильной камеры.

К *специализированным дробилкам закрытого типа* относятся машины с вертикально расположенной рабочей камерой (рис. 1.5).

Репозиторий БГАТУ

Внутри рабочей камеры дробилки, соосно, установлен ротор, представляющий собой два несущих диска между которыми, по периметру, на осях, закреплены шарнирно пакеты молотков. По наружному периметру и снизу ротора закреплены решета. Привод ротора и загрузочная горловина зерна расположены на верхнем основании рабочей камеры.

Вертикально расположенное решето закреплено внутри корпуса рабочей камеры с зазором, в который поступает измельченное зерно и под действием силы гравитации перемещается в выгрузную камеру.

Привод ротора осуществляется непосредственно от вала электродвигателя или через промежуточную клиноременную передачу.

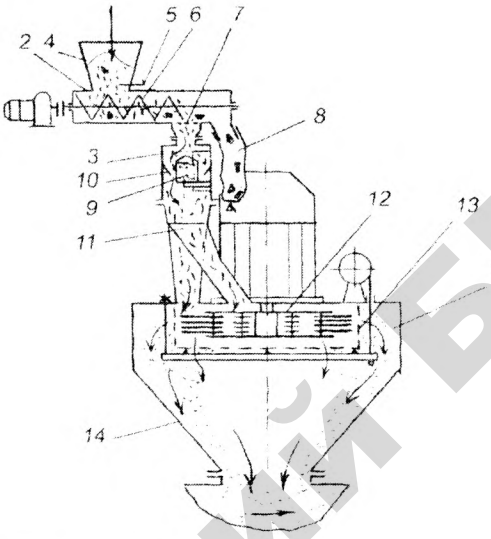


Рисунок 1.5 - Схема рабочего процесса дробилки закрытого типа с вертикально расположенной рабочей камерой:1 – дробилка; 2 – питатель; 3 – сепаратор магнитный; 4 – воронка; 5 – задвижка; 6 – шнек; 7 – решетка; 8 – рукав; 9 – магнитная головка;10 – отражатель; 11 – распределитель; 12 – ротор; 13 – решето; 14 – воронка

1.2.4 Рабочие органы дробилок

Активным рабочим органом дробильных аппаратов является молоток. По *форме поверхности молотки* бывают (рис. 1.6):

– сплошной формы. Преимущество – простота изготовления;

– с выступами. Преимущество – увеличивает производительность машины;

– объемные (составные).

Для крепления молотков выполнены отверстия. Изготавливают молотки из стали Ст 25, Ст 65. Толщина молотков может находиться в пределах от 2 до5мм (наименьшее значение выбирается при измельчении зерна).

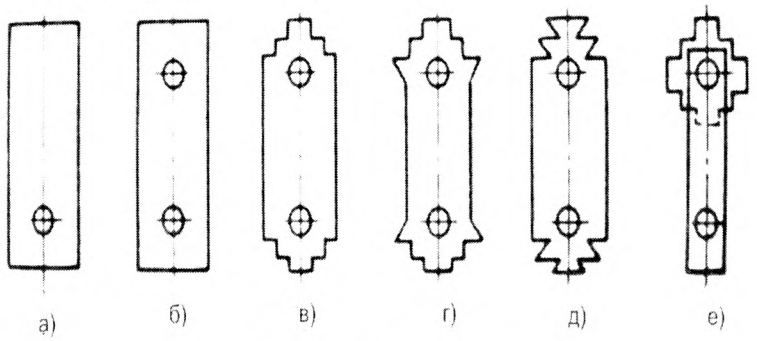


Рисунок 1.6 - Формы молотков:
а) сплошной с одним отверстием; б) сплошной с двумя отверстиями;

Репозиторий БГАТУ

в), г), д) с выступами; е) составной

Решето дробилки предназначено для отделения измельченного зерна от не измельченного. По конструктивному исполнению решета могут быть с пробивными отверстиями (рис. 1.7):

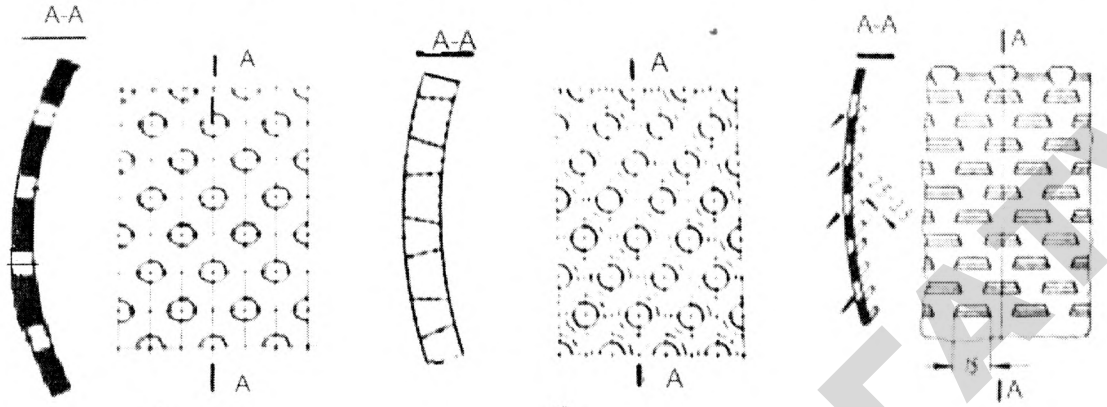


Рисунок 1.7 – Решета дробилок:
а) с цилиндрическими отверстиями; б) с коническими отверстиями; г) чешуйчатые

- с цилиндрической формой. Преимуществом решета с цилиндрическим отверстиям является простота в изготовлении, а недостатком относительно низкая производительность;
- с конической формой отверстия. Преимуществом решета с конической формой отверстия является увеличение производительности дробилки, а недостатком сложность в изготовлении;
- чешуйчатые, у которых, перед отверстиями, выполнены выступы.

Преимуществом решета является увеличение производительности дробилки, а недостатком сложность в изготовлении и отграниченный срок эксплуатации.

Для активизации процесса дробления зерна, в качестве пассивных рабочих органов, по внутреннему периметру рабочей камеры устанавливаются *рифленые деки* – пластины, на поверхности которых выполнены рифы, которые могут быть различных форм:

– прямоугольной;
– полукруглой;
– треугольной (получили наибольшее распространение в сельскохозяйственном производстве).

В процессе работы дробилки корм перемещаясь по поверхности деки, снижает свою переносную скорость. В этом случае за счет разности скоростей между вращающимися рабочими органами и кормом происходит его разрушение.

Практически все рассмотренные молотковые дробилки зерна имеют существенный недостаток, выражающийся в неоднородности гранулометрического состава готового продукта. Если недоизмельченные частицы после просева можно вернуть на повторное измельчение, то с переизмельченными ничего нельзя поделать. Они являются мерой несовершенства процесса, вызывают излишние энергозатраты, вредят животному. Этот недостаток можно устранить введением в технологическую схему измельчения контрольной операции просеивания, т.е. путем применения многоэтапного измельчения с промежуточной сепарацией.

1.2.5 Определение затрат энергии на разрушение зерна в дробилках ударного действия

Величину работы на разрушение зерна в дробилках ударного действия, на основании закона о сохранении энергии при ударе, можно определить по формуле

$$A_м = A_V + A_S + A_{раз}. \quad (1.5)$$

Репозиторий БГАТУ

где $A_м$ – энергозатраты на движение молотка до удара по зерну, Дж; A_V – энергия, рассеиваемая в объеме частиц при их деформировании (т.е. расходуемая на внутреннее трение и нагрев измельчаемого материала); Дж; A_S – энергозатраты на образование новых трещин и поверхностей в измельчаемом материале, Дж; $A_{раз}$– энергозатраты на разрушении зерна, Дж.

Кинетическая энергия движущего молотка до удара:

$$A_м = \frac{m v_м^2}{2} \quad (1.6)$$

где m – масса молотка, кг; $v_м$ – скорость молотка до удара, м/с.

Работу A_V представим как часть максимальной потенциальной энергии U_{max} упругой деформации зерновки, запасенной во время удара:

$$A_V = \chi U_{max}, \quad (1.7)$$

где χ – коэффициент рассеяния энергии зерновкой.

Максимальная потенциальная энергия упругой деформации, запасенная в теле объемом V, как известно из теории упругости, равна:

$$U_{\max} = \frac{\sigma^2 V}{2E} \quad (1.8)$$

где σ – напряжение в зерновке, Н/м^2; V – объем зерновки, м^3; E– модуль упругости.

Кинетическая энергия движущего молотка после удара по зерну:

$$A_s = \frac{m v_ч^2}{2} \quad (1.9)$$

где $v_ч$ – скорость образовавшихся при ударе частиц, м/с.

Подставив в (2.4) значения составляющих, уравнение энергетического баланса при единичном ударе, достаточном для разрушения зерновки, имеет вид:

$$\frac{m v_м^2}{2} = \chi \frac{\sigma^2 V}{2E} + \frac{m v_ч^2}{2} + A_{раз} \quad (1.10)$$

откуда с учетом числа ударов, величину затрачиваемой энергии на разрушение зерна можно определить по формуле

$$A_{раз} = \left[\frac{m v_м^2}{2} - \left(\chi \frac{\sigma^2 V}{2E} + \frac{m v_ч^2}{2} \right) \right] n \quad A_{разр} = \left[\frac{m v_м^2}{2} - \left(\chi \frac{\sigma_n^2 V}{2E} + \frac{m v_ч^2}{2} \right) \right] n, \quad (1.11)$$

где n – число ударов молотка по зерновке, шт.

Для реальных условий, измельчители зерна нужно проектировать таким образом, чтобы процесс разрушения проходил за 1…2 удара или 30…50 ударов. Игнорирование этих диапазонов ведет к увеличению энергоемкости процесса измельчения.

Затраты энергии на измельчение 1 кг ячменя (средний размол) при$v_м$ = 130 м/с равны 2,3 кВт ч/т. Однако в настоящее время лучшие образцы измельчителей зерна ударного действия имеют удельную энергоемкость не менее 5,0…5,5 кВт·ч/т. Это значит, что около половины энергозатрат имеют непроизводительный характер и связаны с генерированием сопутствующего воздушного потока, трением частиц материала друг о друга и рабочие органы (что повышает нагрев тех и других), неоптимальным числом ударов для разрушения и т.д.

Оценивая прочность единичных зерен величиной разрушающего напряжения (по С.В. Мельникову) установлено, что из зерновых культур наибольшей прочностью обладает ячмень, который, будучи основной фуражной культурой, принят за эталон для сравнительной оценки. Для различных культур соотношение показателей прочности зерна следующее: ячмень – 100 %; пшеница – 91 %; рожь – 83 %; горох – 65 %; овес (без пленок) – 54 %.

Из данных, полученных Л.А. Глебовым, следует, что гарантированное разрушение всех без исключения зерен ячменя наблюдается при скорости удара 130 м/с и выше, пшеницы – 115

Репозиторий БГАТУ

м/с и выше, овса 105 м/с и выше. Это скорости, обусловливают напряженный динамический режим работающих на принципе удара измельчителей.

Потребная мощность на измельчение корма определяется по формуле

$$N = N_{ИЗМ} + N_{Ц} + N_{X.X}; \quad (1.12)$$

где $N_{ИЗМ}$– мощность, затрачиваемая на разрушение материала, кВт; $N_{Ц}$ – мощность, затрачиваемая на циркуляцию корма в рабочей камере, кВт; $N_{X.X}$ – мощность холостого хода дробилки, кВт.

Мощность, затрачиваемая на разрушение материала, определяется по формуле:

$$N_{изм} = P_{изм} v_{м}, \quad (1.13)$$

где $v_{м}$– скорость молотков, м/с; $P_{изм}$ – сила, затрачиваемая на разрушение, Н.

Сила, затрачиваемая на разрушение:

$$P_{изм} = S \cdot \sigma_{раз}, \quad (1.14)$$

где S – рабочая площадь молотка, м^2.

Рабочая площадь молотка определяется по формуле:

$$S = l_{м.раб} \cdot h_{м}, \quad (1.15)$$

где $l_{м.\ раб}$ – рабочая длина молотка, м; $h_{м}$ – толщина молотка, м; $\sigma_{разр}$– разрушающее контактное напряжение, Н/м^2.

Для зерновых $\sigma_{разр} = (70 \pm 20) \cdot 10^5$ Н/м^2. Для стебельчатых $\sigma_{разр} = (100{,}4 \pm 20) \cdot 10^5$ Н/м^2.

Мощность, затрачиваемая на циркуляцию корма в рабочей камере и холостого хода дробилки, определим по формуле:

$$N_{Ц} + N_{хх} = (0{,}15 \ldots 0{,}20)\ N_{изм} \quad (1.16)$$

1.2.6 Определение параметров дробилки

Важным показателем, характеризующим дробилку кормов, является ее производительность. Этот показатель во многом зависит от просеиваемости ситовой поверхности. Для определения этого параметра решета проанализируем рабочий процесс, протекающий в камере измельчения.

Зерновой корм, поступая в рабочую камеру измельчителя, подвергается воздействию вращающихся рабочих органов, действием которых начинает перемещаться по плоскости решета. Если на пути измельченных частиц зерна встречается отверстие решета, в раствор которого частица вписывается, то она перемещается по каналу в сторону выгрузки. В этом случае пропускную способность решетаможно определить по формуле

$$Q_{р1} = S_{сеп} \cdot \rho \cdot v_{пр}, \quad (1.17)$$

где $S_{сеп}$ – площадь сепарирующей поверхности, м^2; ρ – плотность корма, кг/м^3; $v_{пр}$ – скорость прохождения измельченного продукта через отверстия в решете, м/с.

Площадь сепарирующей поверхности можно определить по формуле

$$S_{сеп} = S_{решета} - S_{отв}, \quad (1.18)$$

где $S_{решета}$ – площадь решета, м^2; $S_{отв}$– площадь отверстий в решет, м^2.

Площадь решета определяется по формуле

$$S_{решета} = DL\frac{\alpha}{360^{\circ}} \quad (1.19)$$

где D – диаметр рабочей камеры дробилки, м; L – длина рабочей камеры дробилки, м; α – угол охвата решетом дробильной камеры, град.

Площадь отверстий в решет определяется по формуле

$$S_{отв} = \frac{\pi d_{отв}^2}{4} Z_{отв}, \quad (1.20)$$

где $d_{отв}$– диаметр отверстия в решете, мм; $Z_{отв}$– число отверстий на сите, шт.

Тогда площадь сепарирующей поверхности:

Репозиторий БГАТУ

$$S_{сеп} = DL\frac{\alpha}{360^{\circ}} - \frac{\pi d_{отв}^2}{4} Z_{отв}. \quad (1.21)$$

Таким образом, пропускная способность решета зависит от скорости продвижения измельченного продукта через отверстия в сите.

Из схемы скоростей просеиваемого продукта через отверстия в решете (рис. 1.8) видно, что частицы перемещаются в зарешетное пространство в направлении вектора абсолютной скорости, которая и определяет скорость прохождения измельченного продукта через отверстия в решете, т.е. $v_{пр} = v_{абс}$.

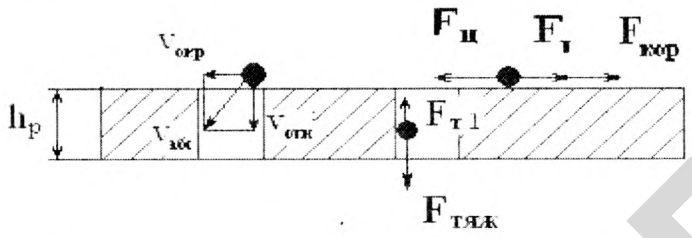


Рисунок 1.8 - Схема для определения пропускной способности решета

Определить абсолютную скорость можно по формуле

$$v_{абс} = \sqrt{v_{окр}^2 + v_{отн}^2} \quad (1.22)$$

Для определения окружной скорости частицы корма $v_{окр}$, перемещающейся по ситовой поверхности, рассмотрим действующие на нее силы. На частицы зернофуража при измельчении действует центробежная сила $F_ц$, Кориолиссова сила $F_к$ и сила трения $F_т$, определить которые можно по формулам:

Сила трения частицы о поверхность решета, возникающая от силы тяжести:

$$F_т = f_к\, m_к\, g, \quad (1.23)$$

где $f_к$– коэффициент трения корма по стали; $m_к$ – масса частицы, кг;

Центробежная сила:

$$F_ц = m_н\, \omega_р^{\,2}\, r_н, \quad (1.24)$$

где $\omega_р$ – угловая скорость ротора измельчителя, с$^{-1}$; $r_н$ – расстояние от оси крепления молотка до частицы, м; $m_н$ – масса молотка, кг;

Кариолисова сила:

$$F_{кор} = 2m_к \omega_р v_{окр} \quad (1.25)$$

где $v_{окр}$ – окружная скорость движения частицы зернофуража, м/с.

Тогда можно записать уравнение движения частицы по поверхности решета:

$$m_н \omega_р^2 r_н = f_к m g + 2m_к \omega_р v_{окр}.$$

Откуда

$$v_{окр} = \frac{m_н \omega_р^2 r_н - f_к m g}{2m_к \omega_р}. \quad (1.26)$$

Для определения относительной скорости частицы корма, перемещающейся по отверстию в сите, рассмотрим действующие на нее силы. На частицы зернофуража действует сила тяжести $F_{тяж}$ и сила трения частицы зерна о поверхность отверстия сита $F_{т1}$, определить которые можно по формулам.

Сила тяжести:

Репозиторий БГАТУ

$$F_{тяж} = \frac{m_к v_{отн}^2}{h_p} \quad (1.27)$$

где $v_{отн}$ – относительная скорость движения частицы зернофуража, м/с; h_p – толщина решета, м.

Сила трения частицы о поверхность отверстия сита:

$$F_{тл} = f_к \, m_к \, g, \quad (1.28)$$

где $f_к$– коэффициент трения корма по стали; $m_к$ – масса частицы, кг.

Тогда уравнение движения частицы по отверстию сита:

$$\frac{m_к v_{отн}^2}{h_p} - f_к m_к g = 0 \quad .$$

Откуда:

$$v_{отн}^2 = f_к h_p g \quad . \quad (1.29)$$

Абсолютную скорость движения частицы через отверстие решета определим по формуле

$$v_{абс} = \sqrt{\left(\frac{m_н \omega_p^2 r_н - f_к m g}{2 m_к \omega_p} \right)^2 + f_к h_p g} \quad . \quad (1.30)$$

Тогда пропускную способность решета можно определить по формуле

$$Q_{pl} = (DL \frac{\alpha}{360^0} - \frac{\pi \, d_{отв}^{\,2}}{4} Z_{отв}) \, \rho \, \sqrt{\left(\frac{m_н \, \omega_p^{\,2} \, r_н - f_к \, m_к \, g}{2 \, m_к \, \omega_p} \right)^2 + f_к \, h_p \, g} \quad . \quad (1.31)$$

Пропускная способность решета в установившемся режиме работы измельчителя зависит от ряда факторов. Так, с положительным увеличением отношения геометрических размеров рабочей камеры и ротора измельчителя производительность будет возрастать.

При максимально возможной площади решета, площадь его живого сечения зависит от диаметра отверстий и их числа, приходящегося на единицу поверхности. С целью увеличения пропускной способности следует выбирать наибольший диаметр отверстия. Увеличение диаметра отверстий снижает и затраты энергии на выполняемый процесс. Однако увеличение этого параметра решета влечет за собой рост крупности измельчаемого материала, что при определенных условиях лишает смысла эксплуатацию измельчителя. Диаметр отверстий в решете следует выбирать в зависимости от требований к конечному продукту. Максимальное их число в единице площади определяется конструктивно с учетом прочности решета.

Диаметр рабочей камеры определим по формуле (рис. 1.9):

$$Д = (l + R_n + \Delta h + \Delta h_1) \times 2; \quad (1.32)$$

где l – расстояние от оси крепления молотка до его торцевой грани, м. Определяем из соотношения:

$$a = 1,5l, \rightarrow l = \frac{a}{1,5}, \quad (1.33)$$

a – длина молотка, м; R_n – расстояние от оси барабана до оси подвеса молотка, м;

$$l = \frac{4}{9} R_n \rightarrow R_n = 2,25 \times l, \quad (1.34)$$

где Δh – зазор между торцами молотка и декой, м; Δh_1 – толщина деки или сита, м.

Репозиторий ВГАТУ

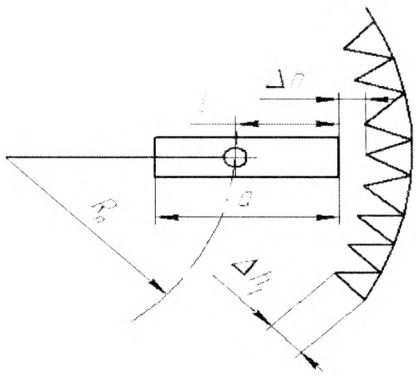


Рисунок 1.9 - Схема к расчету диаметра молотковой дробилки

Число молотков в дробильной камере можно определить по формуле

$$Z = \frac{LK_z}{\delta}, \quad (1.35)$$

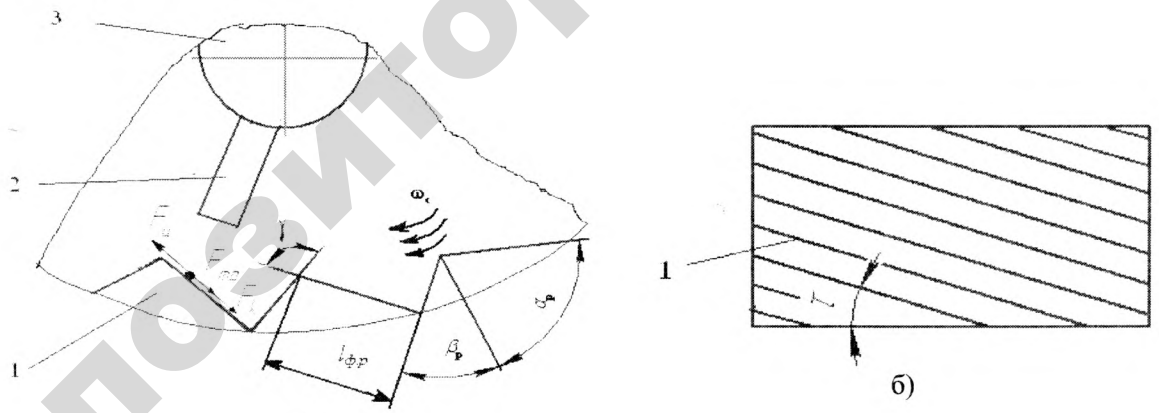
где L – длина дробильного барабана, м; K_Z–число молотков идущих по следу, K_Z= (1…6); δ – толщина молотка, м.

Для активизации процесса дробления зерна по внутреннему периметру рабочей камеры устанавливаются рифленые деки. В этом случае за счет разности скоростей между вращающимися рабочими органами и кормом происходит его разрушение.

Параметры риф должны обеспечивать эффективные условия для осуществления перечисленных видов разрушений. Из схемы на рис. 10, а видно, что для обеспечения прямого центрального удара фронтальная грань должна располагаться под углом α_pкрадиусу рабочей камеры. Наиболее эффективней располагать фронтальную грань под углом α_p исходя из условия:

$$\arccos(1 - l_в / R_н) \le \alpha_p \le \pi - 2(\varphi_1 + \varphi_2), \quad (1.36)$$

где $l_в$ – расстояние от точки вылета частицы до деки, м; $R_н$– радиус, описываемый активными рабочими органами, м; φ_1, φ_2– углы трения корма, соответственно, по поверхности деки и активного рабочего органа, град.



а) б)

Рисунок 1.10 - Схемы к определению геометрических параметров риф:
а) фрагмент рабочей камеры измельчителя: 1 – риф; 2 – нож; 3 – ротор измельчителя;
б) дека: 1 – рифы

Важным параметром, обеспечивающим чистоту впадин, образованную смежными рифами, является угол заострения рифа. Минимальное значение угла заострения, обращенного в сторону активных рабочих органов, должно быть больше двойного угла трения:

$$\gamma_{min} > 2\varphi. \quad (1.37)$$

Репозиторий БГАТУ

Для рационального числа рифов на деке значение угла γ должно находиться в диапазоне 80…100 градусов.

Забивание впадин между смежными рифами происходит из-за постоянного смещения частиц корма вдоль радиуса активного рабочего органа к внутренней поверхности рабочей камеры. Грань выступа рифа, расположенная за его фронтальной гранью, ограничивает перемещение частиц между рифами и приводит к их залипанию. Устранение данного недостатка возможно при замене трения покоя на трение движения. Для этого рифы на деке должны располагаться под углом τ к горизонтальной плоскости (рисунок 2.9б), значение которого должно быть в пределах:

$$65^0 \ldots 75^0 \geq \tau \geq 40^0 \ldots 58^0. \qquad (1.38)$$

При известных углах наклона риф, неизвестной величиной является длина фронтальной грани рифа, по которой перемещается измельчаемый материал. Для определения данного параметра рассмотрим силы, действующие на частицу корма при перемещении ее по фронтальной плоскости рифа.

1.2.7 Машины для подготовки к скармливанию зерна молочно восковой спелости и определение их основных параметров

Для заготовки к скармливанию влажного зерна применяется два способа:

– разрушение зерна плющением;

– разрушение зерна резанием.

Процесс плющения предусматривает разрушение зерна методом раздавливания для превращения зерна в хлопья.

По принципу работы плющилки во многом схожи и состоят из рамы, цилиндрических вальцов с гладкой, рифленой или микрошероховатой поверхностью, вращающихся с разными окружными скоростями навстречу друг другу, механизмов перемещения и регулировки зазора между ними.

Технологический процесс протекает следующим образом. Зерно направляется на вальцы плющилки (рис. 11). Быстро вращающийся валец обгоняет частицу в зоне измельчения и обрабатывает ее своими рифлями, а частица, обгоняя медленно вращающийся валец, затягивает продукт в зазор между вальцами, испытывая сжатие, сдвиг и срез. Это и ведет к разрушению зерна.

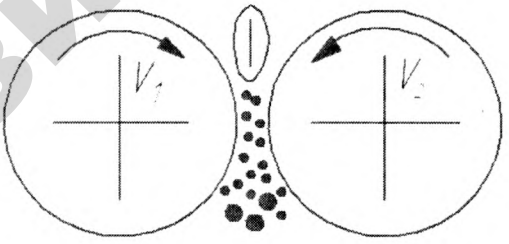


Рисунок 1.11 - Рабочий процесс плющильного аппарата

Качество измельчения регулируют, изменяя зазор в вальцовой паре и соотношение окружных скоростей вальцов. Величина зазора между вальцами изменяется от 0,03 до 1,5 мм, малое изменение которого приводит к существенному изменению в процессе плющения.

По конструкции исполнения рабочих вальцов плющилки могут быть:

– с внешним контактом рабочих плоскостей и одинаковым размером рабочих органов (рис 1.12).

Репозиторий БГАТУ

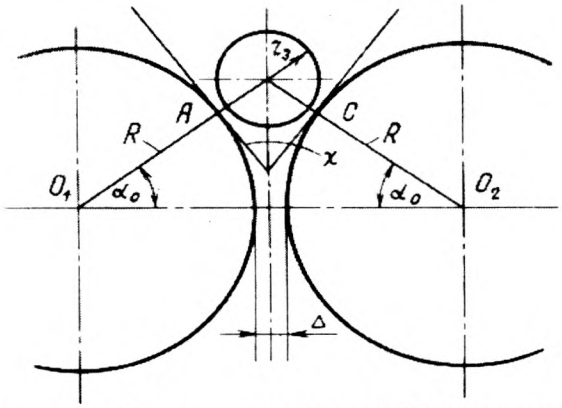


Рисунок 1.12 – Вальцы с одинаковым размером рабочих органов

Угол захвата для плющилок данного типа определяется по формуле

$$\chi = \arccos\left[\frac{(2R+\Delta)^2}{2(R+r_з)} - 1\right], \qquad (1.39)$$

где R – радиус вальца, м; Δ – зазор между смежными вальцами, м; $r_з$ – радиус зерна, м.

– с внешним контактом рабочих плоскостей и разным размером рабочих органов (рис. 1.13).

Угол захвата для вальцов с разными диаметрами:

$$\chi = \arccos\left[\frac{(R_б + r_м + \Delta^2) + (R_б + r_з)^2 - (R_м + r_з)^2}{2(R_б + r_з)(R_м + r_з)}\right], \qquad (1.40)$$

где $R_б$ – радиус большого вальца, м; $r_м$ – радиус малого вальца, м.

– с внутренним контактом рабочих плоскостей вальцов (рис. 1.14).

Для плющилок с внутренним контактом угол захвата определяется по формуле

$$\chi = \arccos\frac{(R-r_з)^2 + (r-r_з)^2 - (R-r-\Delta)^2}{2(R+r_з)(r+r_з)}. \qquad (1.41)$$

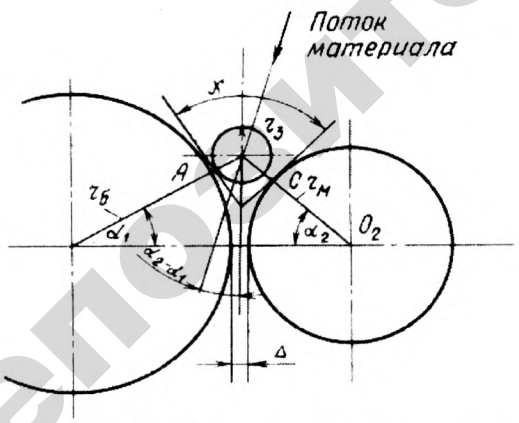


Рисунок 1.13 - Вальцы с разным размером рабочих органов

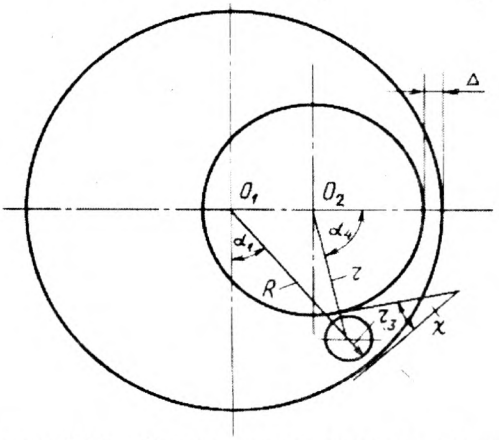


Рисунок 1.14 – Вальцы с внутренним контактом рабочих плоскостей вальцов

Важным показателем, обеспечивающим рабочий процесс плющилок, является *угол захвата зерна вальцами*. Условие затягивания продукта в зазор между вальцами выполняется, если угол захвата меньше, или равен $\chi \le 2\varphi$, где φ – коэффициент трения.

Производительность плющилки и энергоемкость процесса плющения зависят от влажности измельчаемого зерна. По данным Ф. С. Колесникова, при малых значениях влажности зерна производительность плющилки и энергоемкость процесса плющения выше.

Репозиторий БГАТУ

При воздействии на зерно теплотой, давлением, электрическим током либо их сочетанием в определенных режимах, в нем происходят сложные структурно-механические изменения, позволяющие повысить эффективность использования питательных веществ животными. Способы обработки зерна: влаготепловой с плющением, экструзией; электрогидротермический и баротермический. Практическое применение нашли первые два. Основным показателем качества обработки зерна при этом считается степень желатинизации крахмала.

Влаго-тепловая обработка зерна с последующим плющением способствует улучшению вкусовых качеств и поедаемости кормов, повышает питательную ценность углеводного и протеинового комплексов в зерне злаковых и бобовых культур, позволяет инактивировать антипитательные вещества и очищать заплесневелые зерна от неблагоприятной микрофлоры.

Влаготепловую обработку зерна производят в запарниках порционного или непрерывного действия вводом пара в зерновой слой через специальные распределители.

Наиболее эффективна обработка зерна в паровом эжекторе, где процесс протекает быстрее, чем в слое, за счет более эффективной отдачи теплоты паром каждому отдельному зерну. Этот способ влаготепловой обработки зерна до плющения используют в агрегатах типа ПЗ-3 и ПЗ-8 для приготовления хлопьев из зерна на корм животным, что значительно сокращает время его обработки (зерна) в пропаривателе, улучшает равномерность прогрева массы и качество получаемых хлопьев при уменьшении массы оборудования.

Плющение зерна, как правило, осуществляют на плющилках, имеющих внешний или внутренний контакт поверхностей. Наиболее просты по устройству плющилки с внешним контактом рабочих поверхностей, которые работают в составе агрегатов ПЗ-3, ПЗ-3А, ПЗ-3-II, ПЗ-8.

Принцип работы агрегатов для приготовления хлопьев из зерна ПЗ-3, ПЗ-3А и ПЗ-8 одинаковый. Зерно загрузочными шнеками подается в эжектор, где, подхватываясь струей пара, направляется в пропариватель. Обработанное паром зерно дозатором подается на вальцы плющилки, после прохождения которых в виде хлопьев эвакуируется выгрузными шнеками. Пропаривание зерна, осуществляемое с целью снижения затрат энергии на процесс плющения, происходит при температуре 90...110°С и давлении 0,05...0,07 МПа. Получаемые на этих установках хлопья имеют толщину 0,77...1,2 мм и влажность 14...20 %, которая не позволяет хранить их более 5...6 ч.

Основные узлы агрегата: плющилка, пропариватель, загрузочный и выгрузной шнеки, питатель, система вентиляции и шкаф управления (рис. 1.15).

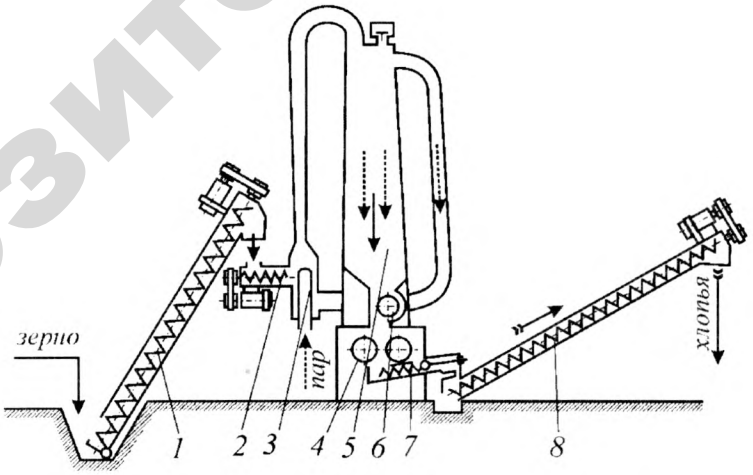


Рисунок 1.15 - Схема технологического процесса агрегата ПЗ-3:
1, 2, 7 и 8 - шнеки соответственно загрузочный, эжектора, плющилки и выгрузной;
3 - эжектор; 4 - плющилка; 5 - пропариватель; 6 - дозатор

Технологический процесс влаготепловой обработки и плющения зерна агрегатом ПЗ-3 происходит так (рис. 19). Подлежащее переработке фуражное зерно транспортером 7 подается в эжектор 6 питателем 8. В эжекторе зерно увлекается струёй пара и, смешиваясь с ним, посту-

Репозиторий БГАТУ

пает через вертикальный загрузочный трубопровод в пропарочную камеру 5. В процессе транспортирования зерна в струе пара оно нагревается и насыщается влагой. В пропарочной камере зерно выдерживают 4...6 мин для выравнивания влажности и температуры во всей массе. Продолжительность обработки зерна в пропарочной камере зависит от заданной производительности агрегата и выдерживается автоматически датчиком уровня 4, который отключает подачу зерна по достижении верхнего уровня загрузки и включает в работу при понижении уровня заполнения в заданных автоматическим регулятором пределах.

Производительность агрегата зависит от вида перерабатываемого зерна, его исходной влажности, параметров используемого пара, и ее регулируют барабанным дозатором 9 пропаривателя. Зерно, находящееся в пропарочной камере, через барабанный дозатор поступает на вращающиеся вальцы плющилки 10, настроенные на определенную толщину хлопьев; здесь происходят его плющение и подача на выгрузной шлаковый транспортер 1.

На рис. 1.16 показана принципиальная схема зерноплющилки. Зерноплющилка состоит из бункера 1 для загрузки зерна различных видов. В нижней части бункера 1 имеется дозатор 2. Рамы 3, на которой крепятся составные гладкие вальцы 4 на подшипниках. Один из вальцов крепится на раме неподвижно и соединен приводом с электродвигателем 5. Второй валец 7 может перемещаться по раме горизонтально, и он подпружинен специальным механизмом 8 для пропуска между вальцами случайно попавших твердых предметов. При снятии ремня 6 с электродвигателя 5 привод зерноплющилки может осуществляться от вала отбора мощности трактора через карданный вал.

Вал отбора мощности и карданная передача трактора могут быть заменены гидромотором, работающем от гидросистемы этого же трактора или посторонней гидростанции.

Конструкция вальцовой плющилки модели*«Murska 700S Россия»* отличается от других вальцовых мельниц тем, что поверхность вальцовых цилиндров имеет точечное рифление. Рифление вальцов помогает захватывать мокрые и скользкие зерна, что невозможно сделать на мельницах с гладкими вальцами.

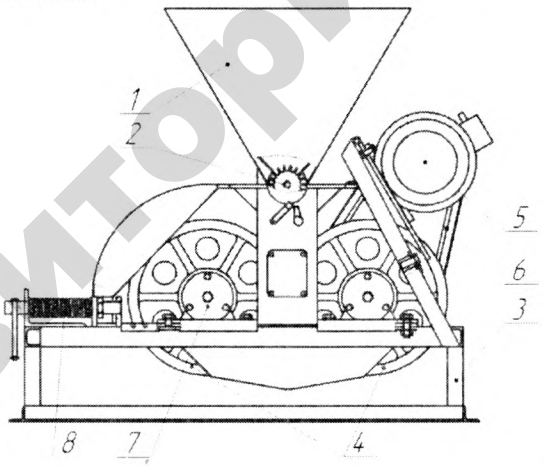


Рисунок 1.16 - Принципиальная схема зерноплющилки:
1-бункер; 2-дозатор; 3-рама; 4, 7-вальцы; 5-электродвигатель; 6-ремень; 8-механизм прижатия

Другой особенностью является то, что оба вальца являются ведущими.

Зерновые плющилки марки «Grinder Bagger» имеют рельеф поверхности вальцов в виде канавок вместо зубцов, что дает возможность их полного сведения (зазор между вальцами ≈ 0 мм) и в свою очередь обеспечивает качественное плющение зерна любого размера без разрушения его структуры.

Плющилки зерна от компании «Био Микс» с тремя рабочими вальцами позволяет одновременно плющить мелкие и крупные зерна, например, кукурузу, бобы, горох, одновременно с овсом, ячменем, пшеницей. Ширина первой щели постоянна, ширина второй щели регулируется для получения необходимой фракции.

Репозиторий БГАТУ

1.2.8 Определение параметров плющильного аппарата

Основными конструктивными параметрами плющильного аппарата являются: диаметр и длина вальцов, окружная скорость вальцов, давление пружин на валец.

Диаметр вальцов определяется размером частиц *B* продукта, величиной установленного зазора между вальцами B_1 и величиной угла трения j продукта по рабочей поверхности вальцов (рис. 1.17).

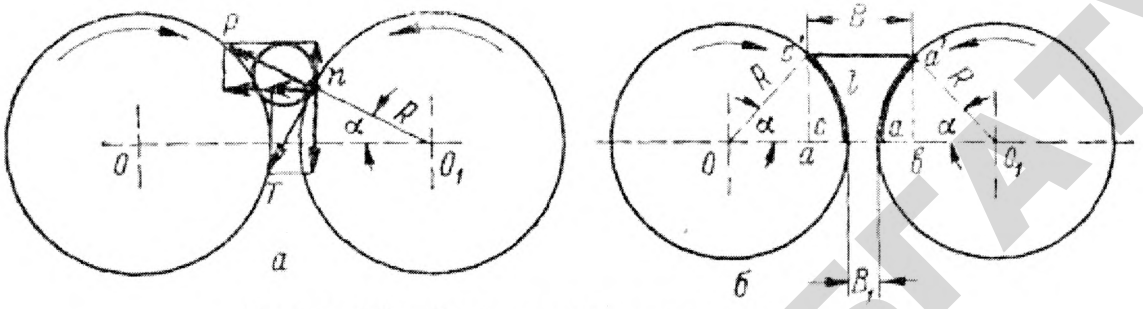


Рисунок 1.17 - К анализу рабочего процесса вальцов:
а) схема сил; б) схема защемления

Значение радиуса вальцов можно определить так. Пусть мы имеем два гладких вальца радиусом *R* (рис. 17, а). В момент вхождения в щель частица давит на вальцы в точках соприкосновения n с силой *P*. Возникающая при этом сила трения $T = Pf$ направлена по касательной (на рисунке приведено разложение сил для одной половины частицы).

Разложим силы *P* и *T* на горизонтальные и вертикальные составляющие. Горизонтальные силы, действующие на правую и левые стороны частиц, взаимно уравновешиваются. Вертикальная составляющая силы трения направлена вниз. Она затягивает частицу продукта в рабочее пространство и равна:

$$T\cos\alpha = fP\cos\alpha \text{ ,} \quad (1.42)$$

где α – угол захвата, составленный направлением реакции силы *P* и линией центров OO_1, град.

Вертикальная слагаемая силы *P* направлена вверх и выталкивает частицу из рабочего пространства. Она равна $P \sin \alpha$.

Очевидно, что для захвата частицы вальцами необходимо условие:

$$fP\cos\alpha > P\sin\alpha \text{ ,} \quad (1.43)$$

откуда $f\cos\alpha > \sin\alpha$ или $f > tg\alpha$. Так как $f = tg\varphi$, то можно записать

$$tg\varphi > tg\alpha \text{ .} \quad (1.44)$$

Следовательно, для обеспечения захватывания продукта поверхностями вальцов необходимо, чтобы угол, называемый углом захвата, был меньше угла трения между частицей и вальцом.

Зависимость между размерами частиц продукта, радиусом вальцов и углом трения может быть определена следующим образом (рис.1.17, б).

Обозначим начальный размер частицы продукта через *B*, а зазор между вальцами B_1. Тогда можно написать, что

$$OO_1 = R\cos\alpha + R\cos\alpha + B = R + R - B_1 \text{ .} \quad (1.45)$$

Из этого уравнения находим радиус вальцов:

$$R = \frac{B - B_1}{2\left(1 - cos\,\alpha\right)} \text{ .} \quad (1.47)$$

Но так как угол а не должен превышать угла трения φ, т.е. в пределе будет α= φ, получим минимально необходимый диаметр вальцов:

Репозиторий БГАТУ

$$D_{min} = \frac{B - B_1}{1 - cos\,\alpha} \quad (1.48)$$

Из формулы видно, что чем больше размер частиц B, тем больше должен быть D_{min} вальцов. Влияние же зазора Δ между вальцами B_1 и угла трения φ частиц продукта обратное, т.е. чем больше эти величины, тем меньше может быть радиус вальцов.

Отношение окружных скоростей вальцов – это соотношение между сдвигающими и сжимающими усилиями в вальцовой паре. Это соотношение принято обозначать буквой К:

$$K = \frac{v_б}{v_м}, \quad (1.49)$$

где $v_б$, $v_м$ – скорости быстро- и медленно- вращающихся вальцов, м/с.

Установлено, что оптимальной, с точки зрения качества измельчения и энергетики процесса, является скорость быстровращающегося вальца, равная 5…6 м/с.

Для рифленых вальцов оптимальным соотношением является К = 2,5; для микрошероховатых К = 1,25.

Усилия в деталях вальцовой плющилки, определяются нагрузкой, которая создается пружинами предохранительного устройства.

Площадь, на которой будет действовать это усилие:

$$S_в = L_в l_в, \quad (1.50)$$

где $L_в$ – длина вальцов, м; $l_в$ – длина дуги на участке измельчения материала, м, $l_в = R\,\alpha = D\alpha/2$ (R – радиус вальца, м; α – угол дуги, рад.).

Среднее усилие разрушения зерна:

$$P_{ср} = \sigma_{сж} S_в \mu = \sigma_{сж} L_в l_в \mu, \quad (1.51)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности материала при сжатии, Н/м²; μ – коэффициент Пуассона.

Сила нажатия пружин подвижного вальца должна обеспечивать указанные значения усилия разрушения зерна.

Величина зазора между вальцами изменяется от 0,03 до 1,5 мм и является регулируемым параметром измельчения. Его изменение приводит к существенному изменению в процессе измельчения. При эксплуатации станка зазор приходится регулировать, поскольку сам валец изнашивается, а физико-механические свойства зерна изменяются от партии к партии.

Основными параметрами рабочей поверхности рифленых вальцов являются:

– форма поперечного сечения рифлей;

– взаимное расположение граней рифлей;

– величина уклона рифлей к образующей вальца;

– число рифлей на единицу длины окружности вальца (на 1 см).

Каждая рифля имеет две грани (рис. 1.18). Грань меньшей площади принято называть гранью острия, большей – гранью спинки. Грани образуют между собой угол заострения γ. Если из вершины рифли опустить перпендикуляр на ось вальца, то угол разделится на два неравных угла: α – угол острия (30…40°) и β – угол спинки (60…70°).

Расстояние h между окружностью впадин и окружностью выступов, замеренное по радиусу вальца, называют высотой рифли, а расстояние t по окружности между двумя вершинами рифлей – шагом.

Рифли располагают под углом у к образующей цилиндра, что смягчает работу вальцов. В противном случае ощущались бы микроудары при набегании на материал каждой рифли. При вращении вальцов навстречу друг другу рифли пересекаются по образующей в постоянном количестве точек и под углом, равным двойному углу наклона рифлей.

Репозиторий БГАТУ

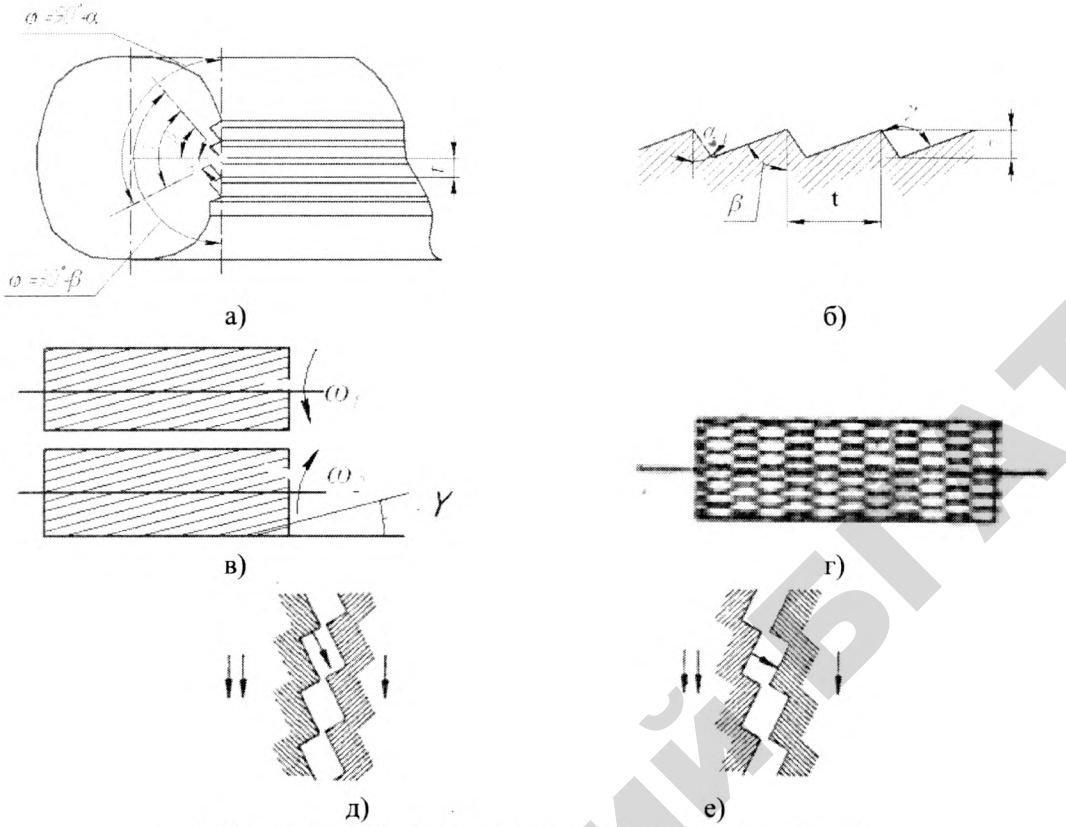


Рисунок 1.18 - Профиль и расположение рифлей вальцов:
а, б – поперечное сечение рифлей вальцов; в – уклон рифлей;
г – пересечение рифлей парноработающих вальцов; д, е – взаиморасположение рифлей

Величину отклонения линии рифли от образующей цилиндра (уклон) принято измерять в процентах. Для кормовых помолов зерновых культур рекомендуется угол наклонаγ = 6…10 %.

Рифли на парноработающих вальцах располагают обычно по двум вариантам – «острие по острию» и «тупое по тупому». При расположении рифлей «острие по острию» измельчаемая частица продукта поддерживается режущей гранью медленно вращающегося вальца и измельчается режущей гранью быстровращающегося. В этом случае частицы разрушаются в результате среза и скалывания, что способствует образованию крупных фракций крупок. При расположении рифлей «тупое по тупому» частицы разрушаются в более мелкие фракции. То или иное взаимное расположение рифлей парноработающих вальцов достигается соответствующим их разворотом при укладке в вальцовый станок. Очевидно, что для приготовления кормов необходимо применять первый вариант расположения рифлей. Плотность нарезки рифлей R составляет обычно 4…12. Чем больше R, тем мельче по гранулометрическому составу получается продукт.

Производительность вальцовых плющилок можно вычислить, если представить процесс дробления как движение ленты материала шириной, равной длине вальца L, и толщиной, равной зазору Δмежду 2-мя смежными вальцами. Тогда за один оборот вала, объем материала, прошедший через зазор:

$$V = \pi RL\Delta \,. \tag{1.52}$$

Тогда производительность плющилки можно определить по формуле

$$Q = \pi DL\Delta\rho h \,, \tag{1.53}$$

гдеn– частота вращения вальца, мин$^{-1}$; ρ– плотность зерна, кг/м^3.

Так вальцы раздвигаются на ширину b, зависящую от фактических усилий дробления и степени жесткости предохранительных пружин, то фактически производительность равна

$$Q = \pi DL(\Delta + b)n \quad (1.54)$$

Производительность *плющилок с рифлеными вальцами* определяется по формуле

$$Q = (\Delta + h)Lv_{cp}\rho, \quad (1.55)$$

где*h*– высота рифа, м; v_{cp} – средняя скорость вращения вальцов, м/с.

Мощность двигателя $N_{дв}$ плющилки на преодоление всех сопротивлений при работе машины:

$$N_{дв} = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (1.56)$$

где N_1– мощность, расходуемая на дробление с учетом трения материалов о валец, кВт; N_2– мощность, расходуемая на трение подшипников, кВт; η – КПД передачи, η = 0,90…0,95.

Мощность двигателя N_1 необходимая для разрушения зерна:

$$N_1 = 2\pi n\sigma_{сж}Ll\mu\Delta f, \quad (1.57)$$

Мощность N_2, необходимая на преодоление трения в подшипниках двух вальцов, кВт:

$$N_2 = 2\pi n d_ш f_1 G, \quad (1.58)$$

где $d_ш$– диаметр шейки вала, м; f_1– коэффициент трения качения, приведенный к валу, f_1 = 0,001; G – нагрузка на подшипники, Н.

1.3 Механизация процесса измельчения стебельчатых кормов

1.3.1 Типы измельчающих аппаратов. Основные закономерности резания лезвием

Для измельчения корнеклубнеплодов и стебельчатых кормов используются ножевые и молотковые рабочие органы (рис. 1.19).

Молотковые рабочие органы являются универсальными, они могут измельчать все виды кормов и незаменимы при производстве травяной, сенной или соломенной муки, когда требуется размер частиц не более 1…3 мм.

Однако молотковые дробильные аппараты имеют больший удельный расход энергии на разрушение. При ударном воздействии молотков на корнеклубнеплоды происходит их разрушение со значительным выделением клеточного сока, что не отвечает зоотехническим требованиям.

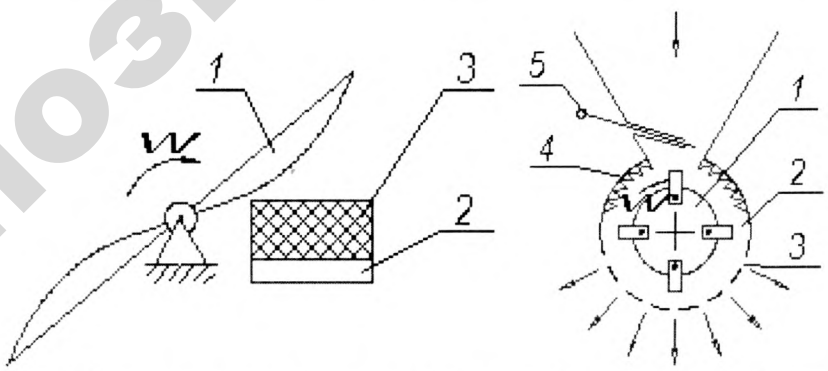


Рисунок 1.19 - Рабочие органы измельчителей корнеклубнеплодов и стебельчатых кормов:
а) – ножевые: 1 – нож; 2 – противорежущая пластина; 3 – измельчаемый материал;
б) – молотковые: 1 – диск; 2 – молоток; 3 – решето; 4 – дека; 5 – регулирующая заслонка

Достоинствами *ножевых рабочих* органов являются малый удельный расход энергии при лучшем качестве измельчения, возможность измельчать корма любой влажности.

Перечисленные преимущества предопределили наибольшее применение для измельчения корнеклубнеплодов и стебельчатых кормов *ножевых* рабочих органов.

Репозиторий БГАТУ

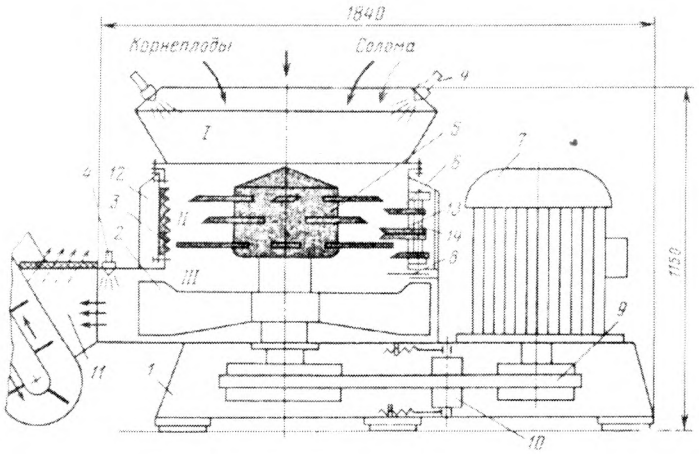


Рисунок 1.20 - Измельчитель-смеситель с вертикально расположенной рабочей камерой: Ì – приемная камера; ÌÌ – камера измельчения и смешивания; ÌÌÌ – выгрузная камера; 1 – рама; 2 – лопастная швырялка; 3 – зубчатая дека; 4 – форсунка; 5 – ротор; 6 – противорежущий нож; 7 – электродвигатель; 8 – шибер; 9 – клиноременной привод; 10 – ролик; 11 – бункер выгрузного транспортера; 12 – кожух; 13 – противорез; 14 – вал

Для измельчения кормов любой влажности, доизмельчения других компонентов и их смешивания при приготовлении кормовых смесей применяется *измельчитель-смеситель кормов с вертикально расположенной рабочей камерой* содержащий ножевой измельчающий аппарат (рис. 1.20).

Машина состоит из приемной I, рабочей II и выгрузной III камер, расположенных одна над другой, ножевого ротора 5, бункера 11 выгрузного транспортера, пакетов противорезов, зубчатых дек 3, электродвигателя 7 и клиноременной передачи 9.

Для введения в обрабатываемую массу жидких добавок предусмотрены по две форсунки 4 – на приемной и на выгрузной камерах.

В стенках рабочей камеры имеется шесть окон, в которых устанавливают пакеты ножей-противорезов и зубчатые деки. Окна закрывают с наружной стороны кожухами 12 (рис. 1.21).

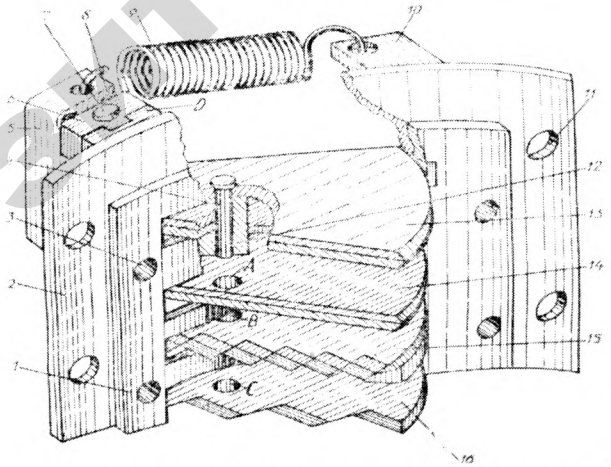


Рисунок 1.21 - Измельчитель-смеситель с вертикально расположенной рабочей камерой: 1 – внутренняя плита; 2 – наружная плита; 2 – болт; 4 – стопор; 5 – кронштейн; 6 – крышка; 7 – вал; 8 – винт; 9 – пружина; 10 – кроштейн; 11 – отверстие под болт крепления плиты к рабочей камеры; 12 – верхняя втулка; 13, 14 – ножи с прямыми лезвиями; 15, 16 – ножи с зубчатыми лезвиями; A, B, C – отверстия ножей; D – кронштейн верхний

На роторе размещены ярусами ножи измельчителя, выполняющие также роль смесителей. В нижней части ротора, расположенной в выгрузной камере, находится швырялка.

Репозиторий БГАТУ

Пакет ножей-противорезов собран на валу 14, установленном шарнирно на основании 13, прикрепляемом к корпусу рабочей камеры.

При работе измельчителя-смесителя, корма загружаются в камеру 1 и попадают в зону взаимодействия потиворежущих ножей 6 верхнего яруса с режущими элементами ротора 5, где частично измельчаются и равномерно распределяются по периметру рабочей камеры. Затем частицы кормов увлекаются на гладкий участок внутренней поверхности камеры и под действием силы тяжести, по спирали несколько перемещаются вниз. На пути своего движения частицы кормов встречаются зубчатые деки 3, и их скорость уменьшается.

Ножи 5 следующего яруса, являясь более длинными, осуществляют измельчение и дальнейшее продвижение частиц кормов. Благодаря этому одна часть измельченных кормов приобретает скорость большую, чем другая, что способствует проникновению одних частиц кормов в массу других и эффективному их смешиванию.

Перемещаясь под действием гравитационной силы вниз, корм встречает на своем пути грани ножей 5 и противорежущих элементов 6 нижних ярусов окончательно измельчаясь.

В конце процесса кормосмесь попадает в выгрузную камеру и швырялкой выбрасывается в бункер выгрузного транспорта.

При измельчении одного вида корма или нескольких компонентов, подлежащих измельчению и смешиванию, в окнах устанавливают все шесть пакетов противорезов.

При необходимости доизмельчения компонентов смеси оставляют на месте три пакета противорезов и три зубчатые деки, чередуя их в окнах рабочей камеры.

Вертикальная загрузка данного измельчителя-смесителя и последующее воздействие рабочих органов на корм по мере продвижения его в рабочей камере под действием гравитационных сил позволяет в одной машине объединить три операции: механизированную загрузку, измельчение и выгрузку.

На роторе размещены ярусами ножи измельчителя, выполняющие также роль смесителей. В нижней части ротора, расположенной в выгрузной камере, находится швырялка.

Машина может комплектоваться лопастной швырялкой (рис. 1.20) или пальцевой (рис.1.22). Преимуществом пальцевой швырялки является снижение затрат энергии на транспортировку кормов в рабочую зону выгрузного окна и минимальный воздушно кормой поток, что исключает расслоение кормосмеси.

Производительность машины, работающей на смешивании, может доходить до 25 т/ч, на смешивании с частичным доизмельчением – до 15 т/ч, на измельчении, например, соломы – до 3…4 т/ч при длине резки до 30 мм и 4…8 т/ч при длине резки до 50 мм.

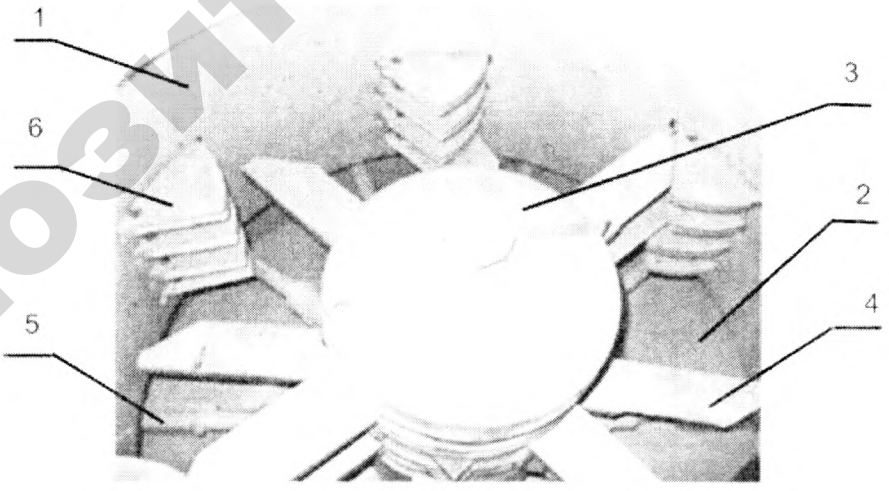


Рисунок 1.22 - Измельчитель-смеситель с пальцевой швырялкой:
1 – камера измельчения и смешивания; 2 – выгрузная камера; 3– ротор; 4 – нож;
5 – пальцевая швырялка; 6 – противорез

Репозиторий БГАТУ

Степень измельчения регулируют, изменяя число ножей на роторе, число противорезов и время нахождения продукта в рабочей камере (при помощи кольцевого шибера, установленного над швырялкой).

Машина обеспечивает смешивание силоса, соломы, корнеплодов и комбикорма со степенью равномерности 80…90 %; Обслуживает измельчитель-смеситель один рабочий.

Конструктивно *измельчитель зерна с промежуточной сепарацией продукта* (рис. 1.23) выполнен в виде вертикально расположенной рабочей камеры с двумя ярусами последовательно расположенных решёт. Диаметр отверстий в верхнем ярусе решет больше чем в нижнем. Над каждым ярусом решет закреплены активные рабочие органы.

Поскольку верхнее решето выполнено с большим диаметром отверстий, то обеспечивается предварительное измельчение зерна и выравнивание его фракционного состава с последующей эвакуацией в рабочую зону нижнего решета, обеспечивающего необходимую крупность измельчения зерна

Таким образом, в машине организовано последовательное дробление зерна, способствующее выравниванию его фракционного состава, что исключает образование пылевидной фракции.

В качестве пассивных рабочих органов используются установленные по внутреннему периметру рабочей камеры рифленые деки, рифы которых имеют треугольную форму.

Конструкция измельчителя зерновых кормов обеспечивает распределение зернофуража по периметру рабочей камеры на протяжении всего процесса измельчения, позволяет эффективнее использовать рабочие органы и поверхности перфорированных решет, и тем самым снижает удельную энергоемкость процесса измельчения кормов при увеличении производительности измельчителя.

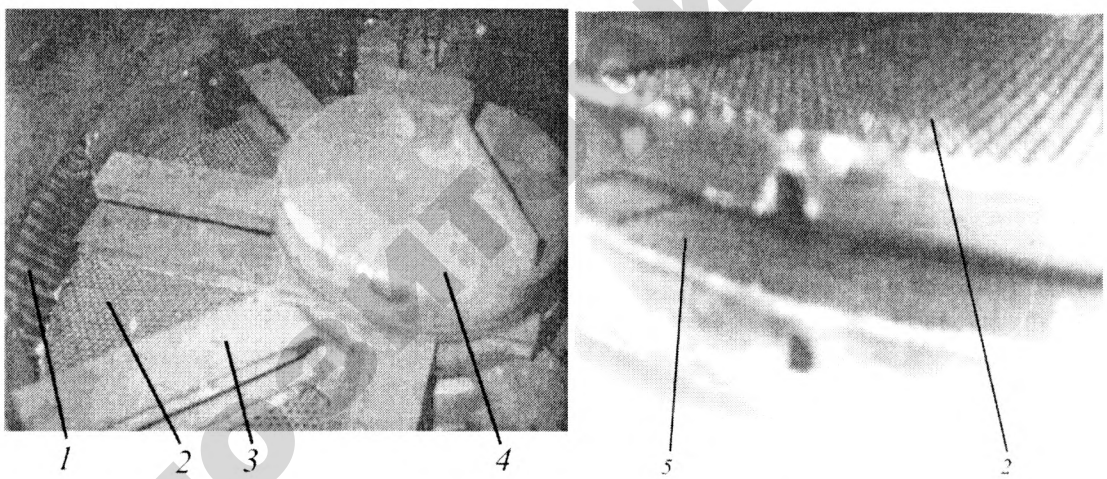


Рисунок 1.23 - Измельчитель зерна с промежуточной сепарацией продукта в рабочей камере:
1 – дека; 2 – решето с диаметром отверстий 5 мм; 3 – активный рабочий орган; 4 – ротор;
5 – решето с диаметром отверстий 3 мм

При установке в рабочей камере измельчителя двух решет – в нижнем ярусе с диаметром отверстий, равным 3 мм, а в верхнем – 5 мм, удельная энергоемкость процесса измельчения зерна составила 8,19 кВт ч/т при производительности 2,68 т/ч.

Для измельчения зерна влажностью от 14 до 40 % разработан *измельчитель с вертикально расположенной рабочей камерой*, рис. 1.24. Измельчитель состоит из вертикально расположенной рабочей камеры 1, внутри которой, соосно, установлен ротор 2 с ножами 3, образующими верхнюю и нижнюю ступени измельчения, по два яруса ножей в каждой.

Репозиторий БГАТУ

В каждом ярусе верхней ступени установлено по 4 ножа, а нижней по 8 ножей. С целью равномерного распределения нагрузки на ротор 2 ножи каждого яруса смещены вокруг вертикальной оси относительно ножей смежного.

Для сепарации измельченного влажного зерна, в рабочей камере 1, под последним ярусом ножей, установлено одно решето 4, диаметр цилиндрических отверстий в котором равен15 мм. Зазор между решетом 4 и ножами 3 нижнего решета равен 5 мм.

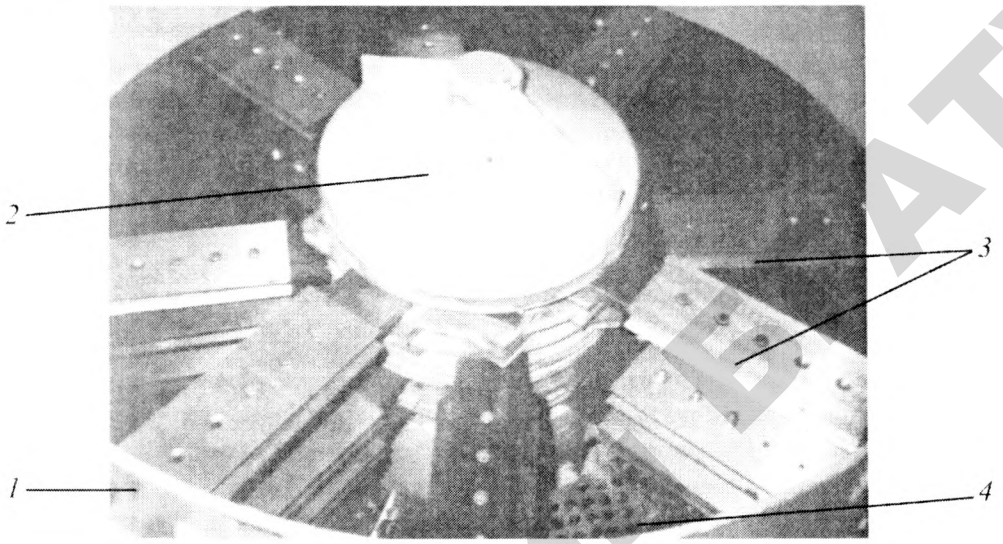


Рисунок 1.24 - Измельчитель зерна влажностью более 14 %:
1 – рабочая камера измельчителя; 2 – ротор; 3 – ножи; 4 – решето с диаметром отверстий 15 мм

В качестве пассивных рабочих органов используются установленные по внутреннему периметру рабочей камеры рифленые деки, рифы которых имеют треугольную форму. Рациональный угол заострения рифа должен находиться в пределах 800…1000, значение угла наклона грани выступа должно быть в пределах $650..750 \geq \tau \geq 400…580$.

Измельчитель зерна молочновосковой спелости работает следующим образом. Влажное зерно загружается в вертикально расположенную рабочую камеру 1. Так как зерно движется перпендикулярно вращающимся в горизонтальной плоскости ножам 3, то обеспечивается создание противорежущего эффекта, по всему периметру рабочей зоны ножей 3, разрушающему структуру зерна.

Перемещаясь на поверхность решета 4, зерно доизмельчаться и его частицы поступают в рабочую зону отверстий. Многократное воздействие ножей на зерно режет его на мелкие частицы, структура каждой из которых не нарушается, а следовательно, нет потерь наиболее ценной, питательной части корма – клеточного сока.

Зерно доставляется к месту хранения, где складируется. Так как зерно разрезано на отдельные частицы, то происходит их смещение относительно друг друга до плотного прилегания смежных поверхностей с меньшим усилием и снижает потребление консерванта. Поскольку геометрические размеры влажного зерна уменьшились без нарушения структуры клеток и плотно совмещены смежные поверхности частиц, то не происходит нарушения монолита уплотненного корма. Это исключает образование воздушных полостей в уплотненной массе, а следовательно и окислительные процессы, значительно снижающие качество корма.

Для измельчения всех видов грубых и сочных кормов может использоваться *измельчающий аппарат барабанного типа* (рис. 1.25), который состоит из противорежущей пластины и барабана с ножами, которые могут иметь прямую или спиральную форму.

Репозиторий БГАТУ

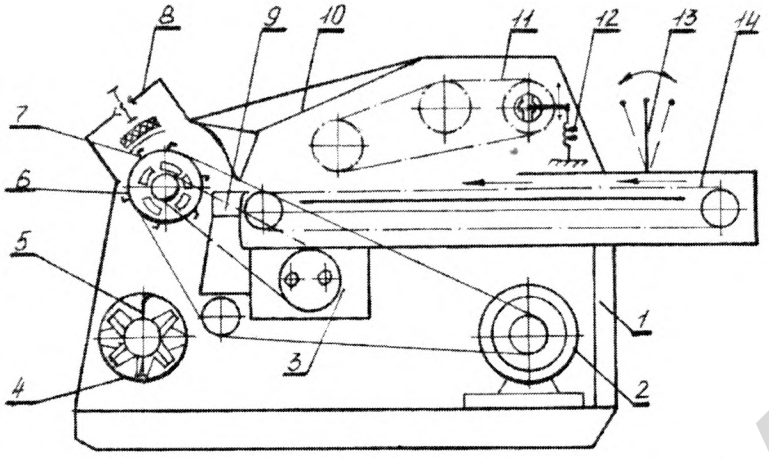


Рисунок 1.25 - Схема устройства и технологический процесс работы измельчителя кормов с измельчающим аппаратом барабанного типа:
1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – аппарат вторичного резания; 5 – шнек; 6 – аппарат первичного резания; 7 – ножи; 8 – заточное устройство; 9 – противорежущая пластина; 10 – крышка; 11 – нажимной транспортер; 12 – натяжное устройство; 13 – скоба; 14 – подающий транспортер

Спиральные ножи барабана в сечении имеют Г-образную форму. На барабане диаметром 450 мм установлено установлено 6 ножей с углом заточки 35°40' и углом подъема винтовой линии 70°. Угол заточки противорежущей пластины 75°. Зазор между лезвием ножей и противорежущей пластиной устанавливают в пределах 0,5…1 мм и регулируют перемещением барабана с ножами упорными винтами (рис. 1.26).

Длину резки можно изменять передаточным числом приводной передачи (заменой звездочек на валу ножевого барабана) и числом установленных на барабане ножей (длина резки возрастает с уменьшением их числа). Предельный износ режущей кромки ножей 10÷12 мм, противорежущей пластины – до 5 мм.

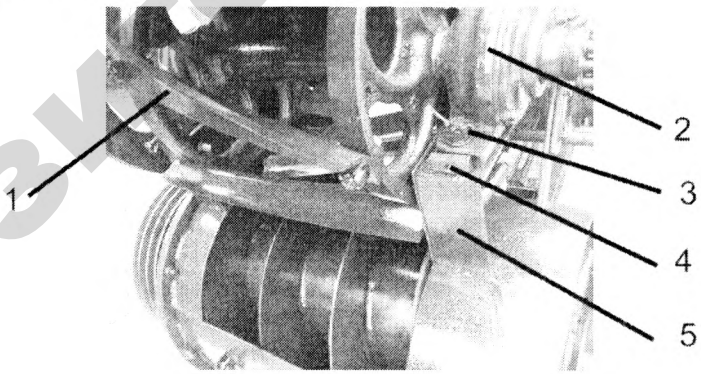


Рисунок 1.26 - Измельчающий аппарат барабанного типа с механизмом регулировки зазора между ножами и противорежущей пластины:1 – барабан с ножами; 2 – корпус подшиника вала барана с ножами; 3 – винт крепления корпуса; 4 – регулировочный винт перемешения корпуса подшиника вала барана с ножами; 5 - рычаг

1.3.2 Типы питающих аппаратов

С целью снижения затрат энергии на процесс резания, перед барабаном устанавливается *уплотняющей механизм.*

Репозиторий ВГАТУ

Известны *два типа подающих механизмов* подачи кормов в рабочую зону измельчающего аппарата. Один из них состоит из *подающего 1 и прижимного 2 транспортеров* (рис. 1.27).

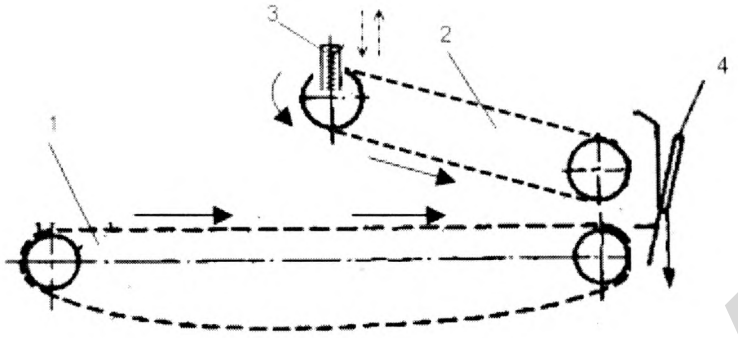


Рисунок 1.27 – Схема питающего аппарата грубых кормов с прижимным транспортером:
1 – транспортер подающий; 2 – прижимной транспортер; 3 – пружина; 4 – нож

Прижимной транспортер 2 является плавающего типа, у которого ведомый вал с лентой перемещается в вертикальной плоскости. Это позволяет варьировать высоту подачи кормов на подающем транспортера и обеспечивает уплотнение их по мере перемещения к измельчающему аппарату.

На подающий 1 и нажимной 2 транспортеры вращение передается цепными передачами с использованием редуктора, который обеспечивает их движение «вперед» и «назад».

Вращательное движение оба транспортера получают от электродвигателя.

При измельчении кормов подаваемый из кормоприемника-питателя корм располагается (или укладывается вручную) ровным слоем на подающем транспортере 1, уплотняется наклонным транспортером 2, а затем направляется к измельчающему аппарату.

Для предотвращения затягивания корма в зазор между противорежущей пластиной и лентой подающего транспортера, за счет перемещения пластины, зазор устанавливают минимальным.

Питающие транспортеры обеспечивают равномерное уплотнение стебельчатых кормов, что уменьшается явление расширения уплотненного слоя корма на выходе с питающего аппарата.

Однако рассмотренный питающий аппарат наиболее сложен по конструкции и менее надежен в эксплуатации.

В машиностроении, для уплотнения стебельчатых кормов используется питающий аппарат, состоящий из *подающего транспортера и верхнего и нижнего питающих вальцов* (рис. 1.28).

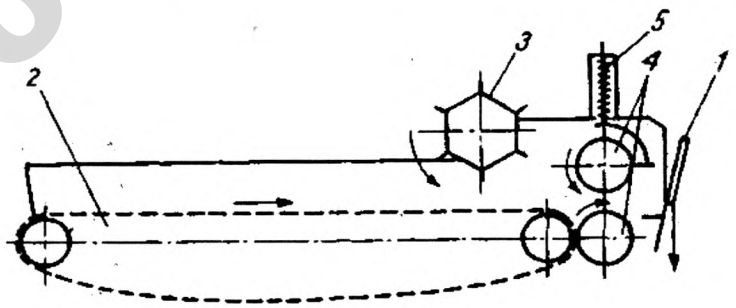


Рисунок 1.28 - Схема питающего аппарата грубых кормов с вальцами:
1 – нож; 2 – транспортер подающий; 3 – валец прижимной; 4 – валец питающий;
5 – пружина

Репозиторий БГАТУ

Вальцы выполняют зубчатыми или рифлеными (рис. 1.29). В этом случае сила трения заменяется силой сцепления между материалом и вальцом.

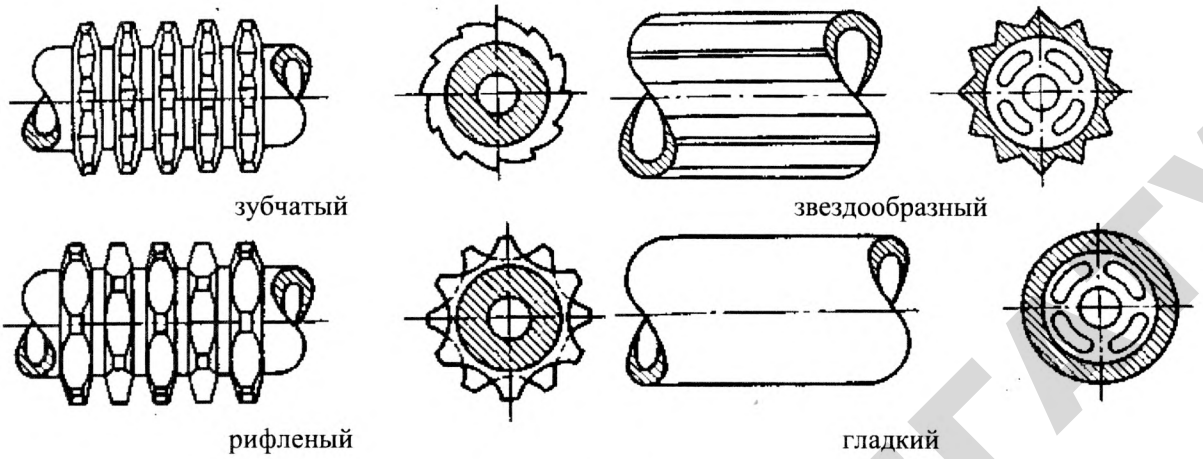


Рисунок 1.29 - Виды вальцов

При выполнении работы процесс уплотнения слоя стебельчатых кормов претерпевает несколько фаз. Подаваемый из кормоприемника-питателя корм укладывается ровным слоем на подающем транспортере 2 и уплотняется прижимным вальцом 3. За счет смещения стеблей растений, прижимной валец 3уплотняет массу до коэффициента уплотнения 0,7÷0,8. Однако при выходе с его рабочей зоны масса снова расширяется, приобретая состоянии при котором коэффициент уплотнения равен 0,4…0,5. Данное состояние слоя корма снова требует его уплотнения, поэтому корм направляется к питающим вальцам 4 из которых поступает в измельчающий аппарат.

Конструкция питающего аппарата грубых кормов с вальцами отличается простатой конструкции, однако повторное уплотнение кормов требует дополнительных затрат энергии.

1.3.3 Основы теории резания лезвием

Резание– один из видов измельчения, связанный с применением лезвия. При резании уменьшается линейный размер материала, увеличиваются число новых частиц и их суммарная площадь поверхности. Для резания характерно образования плоских поверхностей.

Процесс резания лезвием представляет собой частный вид измельчения и потому подчинен общим законам измельчения материалов под действием внешних сил. Однако этот процесс имеет и свои особенности. Важное значение имеет характер движения ножа относительно перерезаемого продукта. В зависимости от характера движения ножа относительно перерезаемого продукта резание разделяют *на рубящее и скользящее.*

При *рубящем резании* вектор скорости внедрения ножа в материал перпендикулярен кромке лезвия. Резанию материала на части под воздействием ножа предшествует предварительное сжатие материала. Величина сжатия определяется разрушающим контактным напряжением в результате приложения к ножу силы $F_{кр}$, называемой критической. При достижении ее процесс сжатия заканчивается и начинается процесс резания.

Таким образом, *критическая сила* – это максимальная сила перед началом резания и для ее определения рассмотри процесс взаимодействия ножа и противореза с материалом в момент начала резания.

При взаимодействии ножа и режущего противореза в момент начала резания слоя толщиной h (рис. 1.30), при углублении ножа, начинается сжатие материала на величину $h_{сж}$ до тех пор, пока на режущей кромке ножа не появится контактное напряжение, превышающее предел прочности материала.

Репозиторий БГАТУ

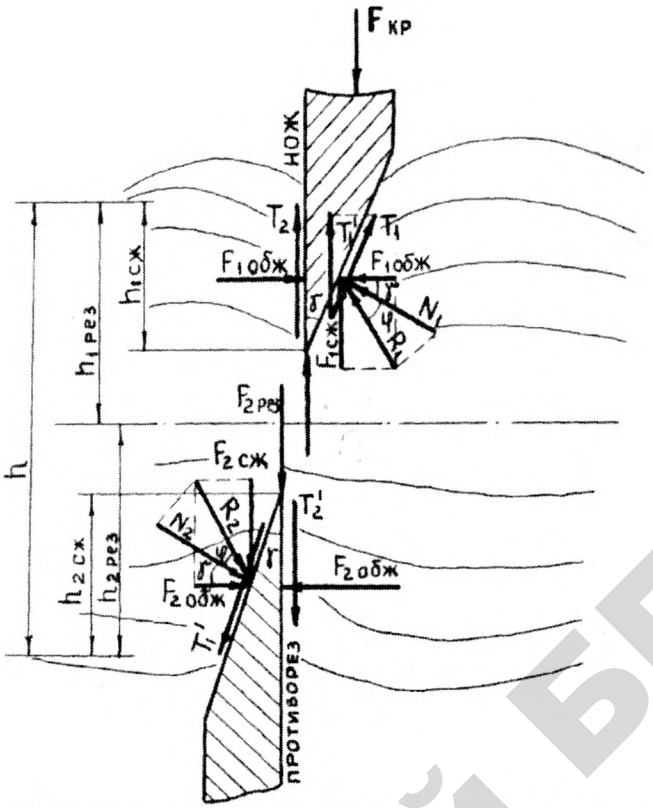


Рисунок 1.30 - Силовое взаимодействие ножа и противореза с материалом в момент начала резания

В момент начала резания на нож действуют следующие силы:

$$F_{кр} = F_{рез} + T_1^{r} + T_2 , \quad (1.59)$$

где $F_{рез}$ – сопротивление резанию, Н; T^{r}_{1}, T_2 – силы трения соответственно на фаске ножа (обусловлена нормальной силой N_1) и на грани ножа (обусловлена действием бокового давления $F_{обж}$), Н.

Сопротивление резанию $F_{рез}$ состоит из силы, связанной с преодолением сопротивления слоя материала сжатию $F_{1сж}$, силы непосредственного резания $F_{1рез}$, т.е. $F_{рез} = F_{1рез} + F_{1сж}$.

Сопротивление разрушению Н.Е. Резник рекомендует определять по формуле

$$F_{1рез} = \delta \, \Delta l \, \sigma_p , \quad (1.60)$$

где δ – толщина (острота) лезвия ножа, м; Δl– длина лезвия, участвующая в резании материала, м; σ_p – разрушающее контактное напряжение.

Сила трения на грани ножа (рис.1.30):

$$T_2 = F_{1обж} f_н , \quad (1.61)$$

где $F_{1обж}$ – сила обжатия материала, Н; $f_н = tg\,\varphi$ – коэффициент трения корма о материал ножа (φ – угол трения).

Сила трения на фаске ножа:

$$T^{r}_{1} = T_1 \cos\gamma , \quad (1.62)$$

с учетом нормальной силы N_1:

$$T^{к}_{1} = N_1 f_н \cos\gamma . \quad (1.63)$$

где γ – угол заточки ножа, град.

Силу N_1 можно выразить через угол трения:

$$N_1 = R_1 \cos\gamma , \quad (1.64)$$

где

$$R_1 = \sqrt{F^2_{1обж} + F^2_{1сж}} . \quad (1.65)$$

Для определения сопротивления материала сжатию $F_{1сж}$ рассмотрим действие элементарной приложенной к ножу силы $dF_{1сж}$ (рис. 1.31), которая вызовет сжатие материала на величину $dh_{сж}$.

Репозиторий БГАТУ

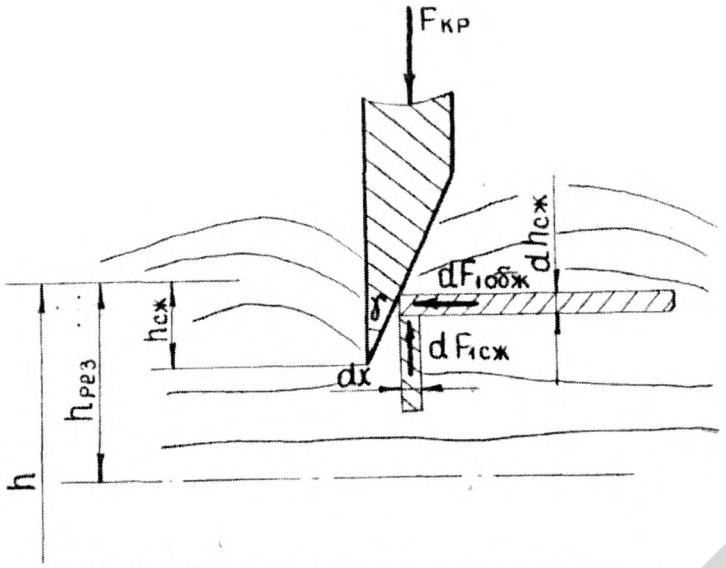


Рисунок 1.31 - Схема к определению силы сжатия

Поскольку есть сила и перемещение, совершается работа

$$dW_{1сж} = F_{1сж} dh_{сж} . \quad (1.66)$$

Известно, что $F_{1сж} = \sigma A_H$ и $\sigma = E\varepsilon_{сж}$,

где $A_н$ – площадь лезвия ножа, участвующая в сжатии, м^2.

Тогда с учетом сказанного формула (4.8) примет вид:

$$dW_{1сж} = E\varepsilon_{сж} A_н dhсж . \quad (1.67)$$

Кроме того, относительное сжатие, как известно, равно отношению сжатого материала $h_{сж}$ к его общей высоте h:

$$\varepsilon_{сж} = \frac{h_{сж}}{h/2}, \quad (1.68)$$

Подставляя значение $\varepsilon_{сж}$ из формулы (4.10) в (4.9), получим:

$$dW_{1сж} = \frac{2EA_н}{h} h_{сж} dh_{сж} . \quad (1.69)$$

Полную величину работы $W_{1сж}$ можно получить, проинтегрировав формулу (4.11):

$$W_{1сж} = \frac{EA_н h_{сж}^2}{h}, \quad (1.70)$$

откуда *сила сжатия*, которая выполнила работу,

$$F_{1сж} = \frac{EA_н h_{сж}}{h} . \quad (1.71)$$

Выражение (1.71) позволяет аналитически рассчитать силу, необходимую для сжатия материала перед резанием – она зависит от площади лезвия ножа и физико-механических свойств материала. В формулу можно закладывать конкретные физико-механические свойства того или другого материала (корма) при конкретных геометрических параметрах ножа, можно определить также силу обжатия.

Сила обжатия, исходя из теории упругих деформаций и исследований Н.Е. Резника, равна

$$F_{1обж} = \varepsilon_1 EA_н , \quad (1.72)$$

где ε_1 – относительная деформация грубого корма в горизонтальном направлении, которую можно выразить через относительную деформацию в вертикальном направлении посредством коэффициента Пуассона μ:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{сж} \mu . \quad (1.73)$$

Тогда выражение (1.72) примет вид:

$$F_{1обж} = F_{1сж} \mu , \quad (1.74)$$

Репозиторий БГАТУ

или

$$F_{1обж} = \frac{A\sigma}{2}\mu \quad . \qquad (1.75)$$

Таким образом, формулу (1.59) представим в таком виде:

$$F_{кр} = (F_{рез} + F_{сж}) + (T_1 + T_2). \qquad (1.76)$$

Из уравнения (1.76) видно, что первые две силы сжимают материал до начала резания и осуществляют резание, и согласно третьему закону Ньютона, вызывают такие же силы на противорезе. Две другие силы уравнения (1.76) вызывают на ноже силы трения.

Подставив в уравнение (1.76) значение получим:

$$F_{кр} = F_{рез} + F_{1сж} + F_{обж} f_н + f_н \sqrt{F_{1обж}^2 + F_{1сж}^2}\ cos\varphi\ cos\gamma \ . \qquad (1.77)$$

Выразим $F_{1обж}$ через $F_{1сж}$. Уравнение (4.19) примет вид:

$$F_{кр} = F_{1рез} + F_{1сж}\ (1 + f_н \mu + \sqrt{\mu^2 + 1}\ \cos\varphi\ \cos\gamma) \ . \qquad (1.78)$$

Исходя из известной критической силы резания, можно определить работу, выполняемую измельчителем:

$$W_{1рез} = \int_0^{h_{рез}} F_{кр} h_{рез} dh_{1рез} = F_{кр} h_{1рез} \ , \qquad (1.79)$$

или

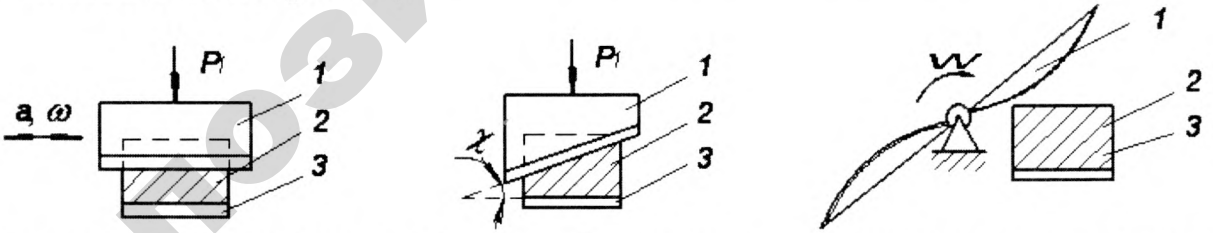
$$W_{1рез} = F_{кр} \frac{h}{2} \quad . \qquad (1.80)$$

Такую же работу заодно и то же время выполнит и режущий противорез.

Значит, энергоемкость процесса резания *с режущим противорезом* должна быть теоретически в два раза меньше, чем без таких противорезов. Практически процесс резания с режущим противорезом несколько запаздывает, особенно при толстослойном резании, и работа, выполненная противорезом, несколько меньше, чем выполненная ножом.

1.3.4 Определение величины угла заточки ножа при скользящем резании

Уменьшить затраты энергии на процесс резания, без снижения надежности режущих пар можно путем организации резания со скольжением, которое может быть осуществлено различными способами (рис. 1.32).



а) при помощи вибраций ножа; б) установкой ножа под углом χ к противорежущей пластине; в) выполнением режущей кромки по некоторой кривой, что характерно для вращательных рабочих органов.

Рисунок 1.32 - Виды резания со скольжением:
1 – нож, 2 – перерезаемый материал; 3 – противорежущая пластина

В последних двух случаях материал будет скользить относительно ножа только в том случае, если угол χ раствора режущей пары больше угла трения материала о лезвие. В противном случае скользящее резание будет вырождаться в рубящее.

Репозиторий БГАТУ

На рис. 1.33 показан клин, представляющий собой часть ножа с односторонней заточкой по поверхности которого со скольжением перемещается частица корма.

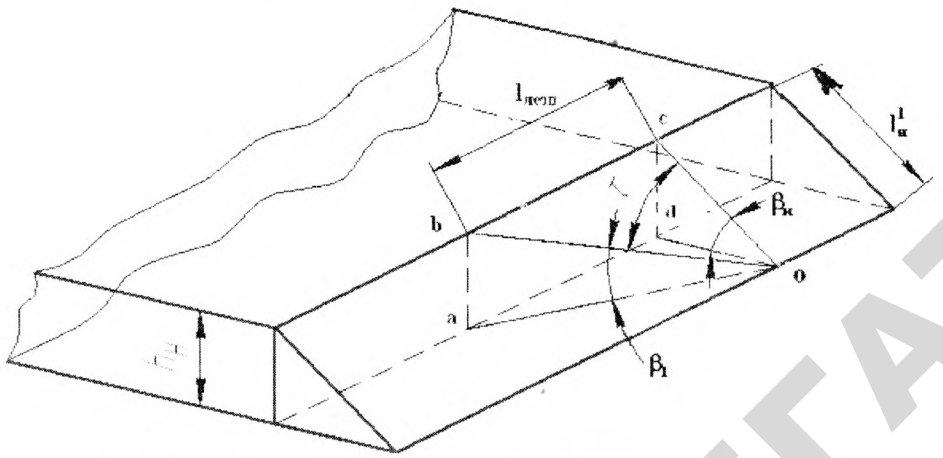


Рисунок 1.33 - Схема для определения угла заточки ножа

Из рис. 1.33 видно, что угол заточки ножа можно определить по формуле

$$tg\beta_н = \frac{tg\beta_1}{cos\tau}, \qquad (1.81)$$

где β_1– величина трансформированного угла заточки ножа, град; τ– угол скольжения, град.

Используя тригонометрические формулы, определим величину трансформированного угла заточки ножа:

$$tg\beta_1 = \left(\frac{ab\ tg\tau}{bc\sqrt{1+tg^2\tau}}\right)\left[\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{ab\ tg\tau}{bc\sqrt{1+tg^2\tau}}\right)^2}}\right]. \qquad (1.82)$$

Полученное выражение (4.24) подставим в уравнение (4.23), заменив символы параметрами ножа:

$$tg\beta_н = \frac{h_н}{l^1{}_н\left(1-\frac{h_н}{l^1{}_н + l_{лез}}\right)cos\tau}. \qquad (1.83)$$

Из формулы (1.83) видно, что угол заточки ножа зависит от его толщины $h_н$, длины наклонной грани $l^1{}_н$и величины смещения частицы корма $l_{лезв}$ по наклонной грани. При известных параметрах ножа необходимо определить на какое расстояние $l_{лезв}$ сместиться частица, перемещаясь по наклонной грани ножа.

Значение $l_{лезв}$ соответствует длине лезвия ножа осуществляющего резание частицы корма. Этот процесс сопровождается взаимодействием лезвия ножа с материалом. Работу, затрачиваемую на выполняемый процесс, можно определить по формуле

$$A_{рез} = P_{рез}\ \ 2r_ч, \qquad (1.84)$$

где $P_{рез}$ – сила резания, Н; $r_ч$ – радиус сечения частицы корма, м.

Усилие резания можно определить как произведение площади кромки лезвия ножа на разрушающее контактное напряжение σ_p:

$$P_{рез} = \delta_{лезв}\ \ l_{лезв}\ \ \sigma_p, \qquad (1.85)$$

где $\delta_{лезв}$– толщина лезвия ножа, м; $l_{лезв}$ – длина лезвия ножа, участвующая в резании, м.

Тогда работу, затрачиваемую на разделение частицы силой резания, можно определить по формуле

Репозиторий БГАТУ

$$A_{рез} = \delta_{лезв}\ l_{лезв}\ \sigma_р\ 2\,r_ч\ . \quad (1.86)$$

В процессе резания, частицы корма перемещаются по лезвию ножа, преодолевая при этом силу трения. Затрачиваемую на преодоление этой силы работу определим по формуле

$$A_{тр} = F_{тр}\ l_{лезв}, \quad (1.87)$$

где $F_{тр}$ – сила трения, Н.

Тогда работу, затрачиваемую на резание частицы корма и преодоление силы трения при перемещении частицы корма по лезвию ножа, определим по формуле

$$A = A_{рез} + A_{тр}\ . \quad (1.88)$$

Откуда:

$$l_{лезв} = \frac{A}{\delta_{лезв}\ \sigma_р\ \ 2r_ч + F_{тр}}\ . \quad (1.89)$$

Работу на преодоление указанных сил можно также определить из выражения:

$$A = \frac{N_{рез}}{\omega_р}, \quad (1.90)$$

где $N_{рез}$ – мощность, затрачиваемая ножом на процесс резания, кВт; $\omega_р$ – угловая скорость ротора измельчителя, $с^{-1}$.

Подставив в формулу (1.89) значения рассмотренных сил, получим выражение, позволяющее определить длину пути резания частицы:

$$l_{лезв} = \frac{N_{рез}}{(\delta_{лезв}\ \ \sigma_р\ 2\,r_ч + F_{тр}\ )\omega_р}\ . \quad (1.91)$$

Формула (1.91) позволяет определить угол заточки ножа с учетом длины лезвия ножа, участвующей в резании частиц корма:

$$tg\beta_н = \frac{h_н}{l^1_н\left(1 - \dfrac{h_н}{l^1_н + \dfrac{N_{рез}}{\left(\delta_{лезв}\ \sigma_р\ 2\,r_ч + F_{тр}\right)\omega_р}}\right)cos\tau}\ . \quad (1.92)$$

Из формулы (1.92) видно, что угол заточки ножа является одним из сложных параметров рабочего органа. Казалось бы, режущие аппараты нужно конструировать с углами скольжения $\tau \rightarrow 90°$.Однако при конструировании режущих аппаратов необходимо учитывать другие *факторы*.

Во-первых, поддержание больших значений углов скольжения связано с поддержанием высоких соотношений тангенциальной и нормальной составляющих скорости лезвия $\tau = arctg(V_т/V_н)$, что зачастую можно осуществить лишь снижением $V_н$,а это ведет к потере производительности режущего аппарата.

Во-вторых, увеличивается путь силы трения F в $(cos\tau)^{-1}$ раз и следовательно, возрастают во столько же раз удельные затраты энергии. По различным экспериментальным данным *оптимальное* значения угла скольжения располагается в промежутке 20…60°.

Анализ зависимости (1.92) показывает, что с увеличение толщины ножа угол его заточки возрастает. С ростом мощности на резание корма угол заточки ножа уменьшается. На основании графической зависимости установлено, что для ножа толщиной 10 мм при мощности электродвигателя 39 кВт угол заточки ножа равен 8 градусов.

1.3.5 Обоснование выбора толщины ножа

Экспериментально установлено, что с увеличением толщины ножа возрастают затраты энергии на работу резания. Очевидно, что толщина режущего элемента должна быть наимень-

Репозиторий БГАТУ

шей. Однако в этом случае он будет прогибаться в наименьшем сечении, что может быть причиной поломки ножа при встрече с противорежущим элементом.

Техническим решением, снижающим вероятность встречи ножа с противорежущей пластиной, является увеличение зазора между ними. Однако решая задачу надежности возникает проблема возрастания затрат энергии на выполняемый процесс. При значительном зазоре частицы корма будут просто перемещаться между плоскостями режущей пары. Для обоснования толщины ножа рассмотрим силы, возникающие в процессе перемещения корма в растворе режущей пары. В процессе работы измельчителя ножи движутся над противорежущими элементами (рис. 1.34). Так как между ними установлен зазор, то корм поступает в это пространство.

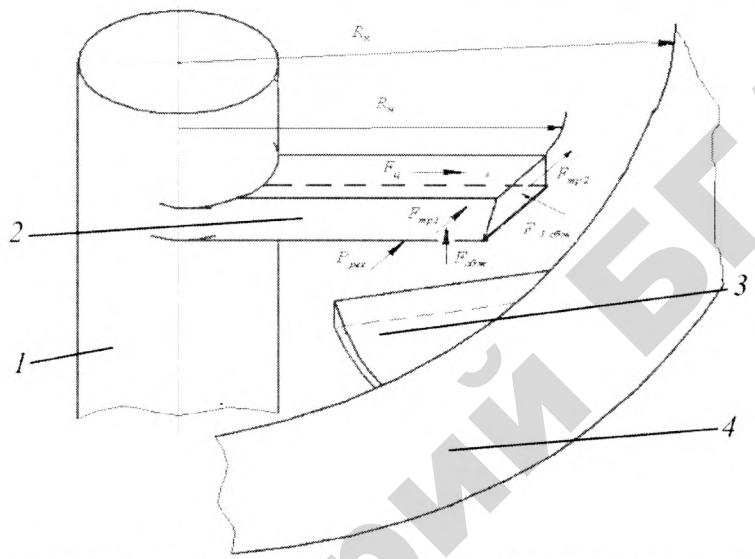


Рисунок 1.34 - Схема к обоснованию выбора толщины ножа:
1 – ротор; 2 – нож; 3 – противорежущий элемент; 4 – рабочая камера измельчителя

Величина сжимаемого слоя корма зависит от величины зазора между ножом и противорежущей пластиной, поэтому справедливо равенство. Тогда:

$$F_{обж} = \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{\Delta_1}, \tag{1.93}$$

где Δ_1 – зазор между ножом и противорежущей пластиной, м; μ – коэффициент Пуассона; E – модуль деформации корма, Н/м^2; $h_{сж}$ – величина сжатого слоя корма, м.

От силы обжатия возникает сила трения, которую можно определить по формуле

$$F_{тр1} = F_{обж} \ f_к, \tag{1.94}$$

где $f_к$ – коэффициент трения корма по металлу.

Работа, затрачиваемая на преодоление силы трения $F_{тр1}$, определяется по формуле

$$A_{тр_1} = \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{\Delta_1} \ f_к \ l_{н.пр}, \tag{1.95}$$

где $l_{н\,пр}$ – длина ножа, движущегося над плоскостью противорежущей пластины, м.

В процессе работы измельчителя корм поступает в зазор между внутренней поверхностью рабочей камеры и ножом. В результате возникает горизонтально направленная сила обжатия, величину которой можно определить по формуле

$$F_{1\ обж} = \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{\Delta_2}, \tag{1.96}$$

где Δ_2 – зазор между внутренней поверхностью рабочей камеры и ножом, м.

От силы обжатия возникает сила трения, которую можно определить по формуле

$$F_{тр\,2} = F_{1\ обж} \ f_к. \tag{1.97}$$

Репозиторий БГАТУ

Работу, затрачиваемую на преодоление силы трения $F_{тр\,2}$, можно определить по формуле

$$A_{тр_2} = \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{\Delta_2} f_к b_н . \quad (1.98)$$

При резании корма лезвием ножа на его активной части возникает критическая сила резания, которую можно определить по формуле

$$A_{кр.рез} = P_{рез} \; l_{лезв} , \quad (1.99)$$

где $P_{рез}$– сила резания, Н; $l_{лезв}$ – длина активной части лезвия ножа, м.

Вращательное движение ножа осуществляется действием окружной силы, работу на преодоление которой можно определить из выражения:

$$A_{окр} = F_{окр} \; R_н = \frac{N_{дв}}{\omega_р} , \quad (1.100)$$

где $N_{дв}$ – мощность, передаваемая от электродвигателя на ротор измельчителя, кВт; $\omega_р$ – угловая скорость ротора измельчителя, $с^{-1}$.

Полученные уравнения позволяют определить изгибающую нагрузку, действующую на нож при опорном резании:

$$A_{тр_1} + A_{тр_2} + A_{окр} + A_{кр.рез} = A_{изг} . \quad (1.101)$$

Крепление режущего элемента в измельчителе исключает его перемещение в вертикальной плоскости, что позволяет с некоторыми допущениями рассматривать нож как консольную балку с жестко закрепленным концом. Для такого крепления максимально изгибающую нагрузку, действующую на нож, можно определить по формуле

$$P_н = \frac{b_н h_н^2}{l_{кр}} \frac{\sigma_в}{6} , \quad (1.102)$$

где $b_н$ – ширина ножа, м; $h_н$ – толщина ножа, м; $l_{кр}$– длина ножа от оси крепления до торца, м; $\sigma_в$– допустимый предел прочности, МПа.

Работу, затраченную на преодоление указанной силы можно определить по формуле

$$A_{изг} = P_н \; R_н , \quad (1.103)$$

где $P_н$– действующая на нож нагрузка, Н; $R_н$ – радиус, описываемый ножами, м.

Подставив соответствующие составляющие в уравнение (4.43) получим:

$$\mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{\Delta_1} f_к \; l_{н.пр} + \mu \frac{E}{2} \frac{h_{сж}^2}{\Delta_2} f_к \; b_н + \frac{N_{дв}}{\omega_{рот}} + P_{рез} \; l_{лезв} = \frac{b_н h_н^2}{l_{кр}} \frac{\sigma_в}{6} R_н . \quad (1.104)$$

Из уравнения (4.46) определим толщину режущего элемента:

$$h_н = \sqrt{\frac{\left[\mu \frac{E}{2} h_{сж}^2 \; f_к \left(\frac{l_{н.пр}}{\Delta_1} + \frac{b_н}{\Delta_2} \right) + \frac{N_{дв}}{\omega_{рот}} + P_{рез} \; l_{лезв} \right] 6 \, l_{кр}}{b_н \; \sigma_в \; R_н}} . \quad (1.105)$$

Анализ формулы (4.47) показывает, что с увеличением передаваемой на нож мощности его толщина возрастает. При расчете необходимо учитывать физико-механические свойства кормов и конструктивные особенности измельчителя.

Практическое занятие Рассчитать толщину ножа к измельчителя кормов вертикального типа.

Исходные данные: частота вращения ротора измельчителя $\omega_р$= 94,2 $с^{-1}$; мощность, передаваемая от электродвигателя на ротор измельчителя, $N_{дв}$ = 39 кВт; ширина ножа, $b_н$ = 0,05 м; длина ножа от оси крепления до торца, $l_{кр}$= $R_н$ – $r_{рот}$= = 0,4 – 0,01=0,39 м. Так как нож предназначен для измельчения и зернофуража то $\sigma_в$=12730Па, радиус, описываемый ножами,$R_н$ =0,4 м; коэффициент трения корма по металлу, для стебельчатых кормов f = 0,58; модуль деформации стебельчатых кормов, E =2 Па; коэффициент Пуассона μ= 0,18кг/$мм^2$; зазор между ножом и противорежущей пластиной, Δ_1 =5 мм; величина сжатого слоя корма, м. Определим из соотношения ε= $h_{сж}$ /h = 80/53=1,5; зазор между внутренней поверхностью рабочей камеры и ножом, Δ_2 =5 мм; длина активной части ножа, $l_{лезв}$ =150 мм; сила резания $P_{рез}$ =5,7 Н.

Репозиторий БГАТУ

$$h_н = \sqrt{\frac{\left[0{,}18\ \frac{2}{2}\ 2{,}25 \times 0{,}58\left(\frac{140}{5}+\frac{50}{5}\right)+\frac{39}{94{,}2}+5{,}7\times 150\right]6\times 39}{50\times 0{,}980\times 40}} =$$

$$= \sqrt{\frac{202211{,}1}{1960}} = 10{,}1 мм.$$

Расчетная толщина ножа, образующего режущую пару с противорежущим элементом измельчителя кормов вертикального типа, при потребляемой мощности 39 кВт, равна $h_н$ = 10 мм.

1.3.6 Определение затрат энергии на привод измельчителя

Мощность, затрачиваемая на резание корма, является одним из основных параметров, определяющих выбор электродвигателя для привода измельчителя кормов. При проектировании машин для измельчения кормов необходимо учитывать параметры, определяющие величину затрат энергии на рабочий процесс машины. Величину этой мощности можно определить по формуле

$$N_{пр} = \frac{W_{рез}\ z_м}{t_{рез}\omega_{p1}}, \qquad (1.106)$$

где $W_{рез}$– момент количества движения ножа при выполнении процесса резания, кг·м^2/с; $z_м$ – число закрепленных на роторе ножей, шт; $t_{рез}$ – время, затраченное на процесс резания, с; ω_{p1} – угловая скорость ножа после процесса резания, с$^{-1}$.

В общем виде момент количества движения ножа при выполнении процесса резания определим из формулы

$$W_{рез} = \left(m_н + m_л\right) r^2_{ин}\ \omega_p, \qquad (1.107)$$

где $m_н$– масса ножа, кг; $m_л$ – масса корма на лезвии ножа, кг; $r_{ин}$ – расстояние от оси ротора до центра тяжести ножа, м.

Так как процесс резания происходит за определенный промежуток времени $t_{рез}$, то можно определить момент количества движения ножа:

$$M_н = M_{кр.рез.}\ \ t_{рез}. \qquad (1.108)$$

Момент количества движения при резании вращающимся вокруг оси ножом можно выразить зависимостью:

$$M_н = I_p\left(\omega_p - \omega_{p1}\right), \qquad (1.109)$$

где I_p– момент инерции ротора, $I_p = m_н R^2_н /2$, кг м^2; $R_н$ – радиус, описываемый ножами, м; ω_p– угловая скорость ротора, с$^{-1}$.

Так как в уравнениях (4.50) и (4.51) левые части равны, то справедливо равенство:

$$I_p\left(\omega_p - \omega_{p1}\right) = M_{кр.рез.}\ \ t_{рез}. \qquad (1.110)$$

Явление резания материалов возникает в результате критической силы резания $P_{кр\ рез}$. Действием этой силы в период резания возникает момент, величину которого можно определить из выражения:

$$M_{кр.рез.} = P_{кр.рез}\ l_{лезв}, \qquad (1.111)$$

где $P_{кр\ рез}$ – критическая сила резания, Н; $l_{лезв}$ – длина лезвия ножа, участвующая в резании корма, м.

Из уравнения (1.110) выразим угловую скорость ножа после процесса резания:

$$\omega_{p1} = \frac{I_p\omega_p - P_{кр.рез}\ l_{лезв}\ t_{рез}}{I_p}. \qquad (1.112)$$

Величину *мощности, расходуемую на резание*, можно определить по формуле

Репозиторий БГАТУ

$$N_{пр} = \frac{(m_н + m_л) r^2_{ин} \omega_р z_м}{t_{рез} \omega_{р1}} . \quad (1.113)$$

В случае если ножи на роторе закреплены шарнирно, момент количества движения ножа при выполнении процесса резания определим из формулы

$$W'_к = (m_н + m_л)\left(r^1_{ин}\right)^2 \omega_р , \quad (1.114)$$

где $r^1_{ин}$ – расстояние от оси ротора до центра тяжести ножа при отклонении его от оси симметрии, м.

Так как нож закреплен шарнирно, то после среза он отклоняется от радиальной оси на угол α^1. Для шарнирно закрепленного ножа расстояние от оси ротора до центра тяжести ножа при отклонении его от оси симметрии:

$$r^1_{ин} = R_{под} + C - C\cos\alpha^1 , \quad (1.115)$$

где α^1 – максимальный угол отклонения шарнирно закрепленного ножа от радиального положения, град; $R_{под}$ – расстояние от оси ротора до оси крепления ножа, м; C – расстояние от оси крепления ножа до его центра тяжести, м.

Подставив в формулу (1.114) значение (1.115) получим:

$$W'_к = (m_н + m_л)\left(R_{под} + C - C\cos\alpha^1\right)^2 \omega_1 . \quad (1.116)$$

Анализ формул (1.115) и (1.116) показывает, что величина момента количества движения ножа при резании корма зависит от динамического взаимодействия ножа с материалом и конструктивных особенностей измельчителя. Этот показатель возрастает при шарнирном креплении ножа, так как в данном случае нарушается жесткость связи между ножом и ротором. В результате ножи при работе отклоняются от радиального положения, что трансформирует угол резания.

Таким образом, наименее энергоемким является измельчающий аппарат с жестким креплением ножей на роторе машины. В этом случае на протяжении выполнения технологического процесса не происходит нарушение динамики движения активных рабочих органов и надежность измельчителя повышается.

Практическое занятие. Рассчитать мощность на привод измельчителя кормов.

Исходные данные: масса ножа, $m_н$ = 2кг; масса корма, $m_л$ = S $_{лезв.} l_{лезв.} \rho_к$ = = 4 · 3,14 · 0,000008 ·1280 =0,128 кг; толщина лезвия ножа $l_{лезв.}$ = 0,000008м, плотность корма, для ржи $\rho_к$ = 1280 кг/м^3, радиус, описываемый ножами, $R_н$ =0,4 м; момент инерции ротора,$I_р$ = $m_н R^2_н$ /2 = 2× 0,4/2 = 0,16 кг м^2, время, затраченное на процесс резания $t_{рез} = l_н{}^1$ /V$_к$ = = 0,025/ 0,4= 0,06 с, длина наклона передней грани$l_н{}^1$=0,025 м; время прохождения кормом рабочей камеры, $V_к$= 0,4…0,8.

Угловая скорость ножа после процесса резания:

$$\omega_{р1} = \frac{0,16\times 94,2 - 811\times 0,05\times 0,1}{0,16} = 68,84, c^{-1} .$$

Мощность, затрачиваемая на резание корма:

$$N_{пр} = \frac{(2+0,13)0,2^2\times 94,2\times 16}{0,06\times 68,84} = \frac{0.085\times 94,2\times 16}{0,06\times 68,84} = \frac{128,11}{4,3} = 29,8\text{кВт}$$

Расчетное значение равно 30 кВт.

1.3.7 Расчет режущего аппарата барабанного типа

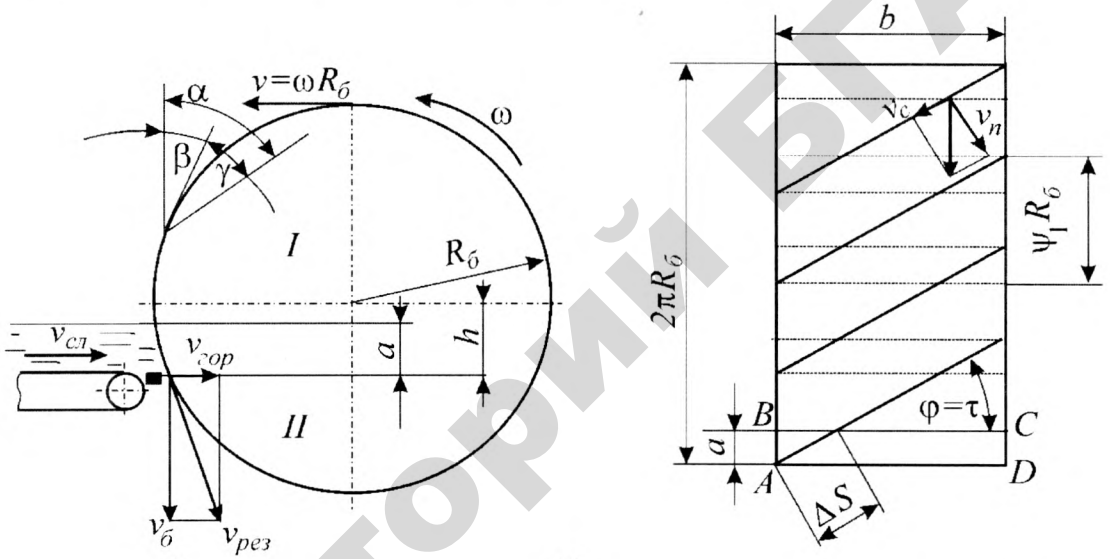
Барабанные режущие аппараты находят в последнее время преимущественное распространение, особенно в универсальных дробилках и силосоуборочных комбайнах различных типов ввиду их преимуществ: большей надежности и долговечности, возможности заточки лезвия без демонтажа ножа, равномерной нагрузки на вал машины и компактности.

Все закономерности процесса резания лезвием, выведенные для аппаратов дискового типа, справедливы и для барабанных режущих аппаратов, за исключением некоторых особенностей.

Репозиторий БГАТУ

Расположение горловины относительно вала барабана по вертикали (рис. 1.35, а) обусловлено кинематическим режимом работы аппарата и зависит от соотношения поступательной скорости $v_{сл}$ слоя стеблей и горизонтальной составляющей $v_{гор}$ окружной скорости $v_б$ барабана.

Из схемы видно, что горизонтальная составляющая скорости лезвия при повороте барабана на 90° изменяет свое значение от $v_б$ до 0 и при повороте еще на 90° от 0 до $v_б$. В то же время поступательная скорость $v_{сл}$ подачи слоя остается постоянной по величине и направлению. При встрече лезвия со слоем в *I*-ом квадранте частицы слоя будут отталкиваться ножом, что препятствует поступлению массы в барабан и нарушается процесс резания. При встрече во *II*-ом квадранте лезвие будет способствовать втягиванию слоя в зазор режущей пары, обеспечивая этим более благоприятные условия работы аппарата. Следовательно, подача материала к ножу должна осуществляться во *II*-ом квадранте барабана и именно около горизонтального диаметра барабана, так как далее результирующая скорость его будет направлена почти вдоль слоя и условия рабочего процесса будут нарушены. В связи с этим горловину в данных аппаратах делают небольшой высоты, и материал в барабан подают тонким слоем.



а) б)

Рисунок 1.35 - Схема к обоснованию расположения горловины относительно оси барабана а) и развертка ножевого барабана б)

Н. Е. Резник рекомендует определять значение *h*возвышения оси вала барабана над противорежущей пластиной по формуле

$$h = a + \frac{Dv_{сл}}{2v_б}, \tag{1.117}$$

где *D* - диаметр барабана, м; *a*- толщина слоя, равная высоте горловины (принимается в пределах 40…60 мм).

При этом рабочая кромка противорежущей пластины располагается на окружности, описываемой лезвием ножа, и удалена от вертикального диаметра барабана на расстояние

$$u = \frac{h}{tg\psi_n}, \tag{1.118}$$

где ψ_n– угол, определяющий положение рабочей кромки относительно оси вращения барабана $\left(\sin\psi_n = 2h/D\right)$, град.

Режущий аппарат барабанного типа отличается простыми соотношениями между основными параметрами режима его работы. Если рассмотреть *развертку барабана* (см. рис. 1.35, б), то спиральное лезвие ножа представится прямой линией, наклоненной к образующей цилиндра, описываемого этим лезвием, под углом χ раствора, равным углу скольжения τ, и он имеет постоянные значения (в пределах 30°).

Репозиторий БГАТУ

При постоянном радиусе барабана нормальная составляющая скорости резания также имеет постоянное значение.

Рабочий процесс за проход одного ножа характеризуется тем, что нагруженный участок ΔS лезвия изменяет свое значение: от точки B до точки A он возрастает, затем до точки C сохраняет свое максимальное значение и далее убывает до нуля. Характер изменения длины нагруженного участка графически можно представить в виде равносторонней трапеции.

Изменение длины нагруженного участка вызывает пропорциональное ему изменение суммарного сопротивления резанию. Чтобы выровнять нагрузку на вал, ножи на развертке барабана размещают с перекрытием, которое должно равняться толщине слоя, то есть высоте a горловины.

При этом длина дуги охвата, приходящейся на лезвие одного ножа, определится по формуле

$$R_б \psi_1 = \frac{2\pi R_б - za}{z} = l_в tg\tau\,, \tag{1.119}$$

где $R_б$ - радиус барабана, м; ψ_1 - угол охвата ножа, рад; z – число ножей; $l_в$ - длина барабана, м; τ - угол наклона ножа к противорежущей пластине, град).

Основным параметром барабанного режущего аппарата является радиус барабана, который можно определить по формуле

$$R_б = \frac{z(b \cdot tg\tau + a)}{2\pi}\,. \tag{1.120}$$

Число ножей принимают от 2 до 8 и обязательно четное из соображения балансировки.

При проектировании режущего аппарата барабанного типа исходными данными являются производительность машины и расчетная длина резки.

Построение схемы режущего аппарата барабанного типа ведут в следующей последовательности.

1. По заданным производительности и расчетной длине резки находят ширину горловины (длину барабана)

$$b = Q/0{,}16 a l_p z \rho \omega. \tag{1.121}$$

Угловая скорость барабана для соломосилосорезок принимается ω=40…60 с$^{-1}$.

2. Подставляя полученные значения b в формулу (2.61), находят радиус барабана

$$R_б = \frac{Q \cdot tg\tau / 0{,}16 a l_p \rho \omega + za}{2\pi}\,. \tag{1.122}$$

3. Строят развертку барабана (см. рис. 1.35, б) и определяют величину перекрытия m, имея в виду условие $m \geq a$. Дуга охвата одного ножа составит $R_b \psi_1 \approx b \cdot tg\tau$.

4. При найденных размерах схемы уточняют теоретическую производительность и проверяют надежность защемления материала по условию $\chi_{защ} = 2\varphi_{min}$.

5. Определяют значение момента резания по формуле

$$M_{рез} = qbR_b = q\Delta S_{ср} R_б\,, \tag{1.123}$$

где q– нормальное удельное давление (для углов τ=24..30°),q=(0,7…0,75)q_0, Н/м.

6. Определяют вращающий момент $M_{вр}$=5·$M_{рез\cdot ср}$/3.

7. Мощность двигателя находят из следующей формулы

$$N_{дв} = M_{вр}\omega. \tag{1.124}$$

1.3.8 Расчет питающих аппаратов измельчителей

В измельчителях грубых кормов с измельчающим аппаратом барабанного типа процессу резания предшествует операция подачи кормов в рабочую зону режущей пары нож – противорез, выполняемая питающим аппаратом. С целью снижения затрат энергии на процесс резания подаваемая масса подвергается предварительному уплотнению.

Как правило, прижимные элементы питающего аппарата нагружены пружиной, позволяющей перемещаться им в вертикальной плоскости. При выполнении рабочего процесса гру-

Репозиторий БГАТУ

бые корма ровным слоев укладываются на подающий транспортер и перемещаются в рабочую зону прижимного вальца (транспортера). Под действием прижимного элемента происходит уплотнение слоя массы и подача его в рабочую зону режущего аппарата, выполняющего резание корма. В соответствии с изложенным, степень уплотнения слоя и толщина подаваемого слоя зависят от параметров рабочих органов питающего аппарата.

Из известных конструкций питающих аппаратов наибольшее распространение нашли питающие аппараты следующих схем.

Питающий аппарат, состоящий из подающего транспортера и верхнего и нижнего питающих вальцов отличается простатой конструкции.

Для определения параметров *питающего аппарата с вальцами*, обеспечивающими уплотнение и подачу слоя корма, рассмотрим расчетную схему рабочего процесса (рис. 1.36).

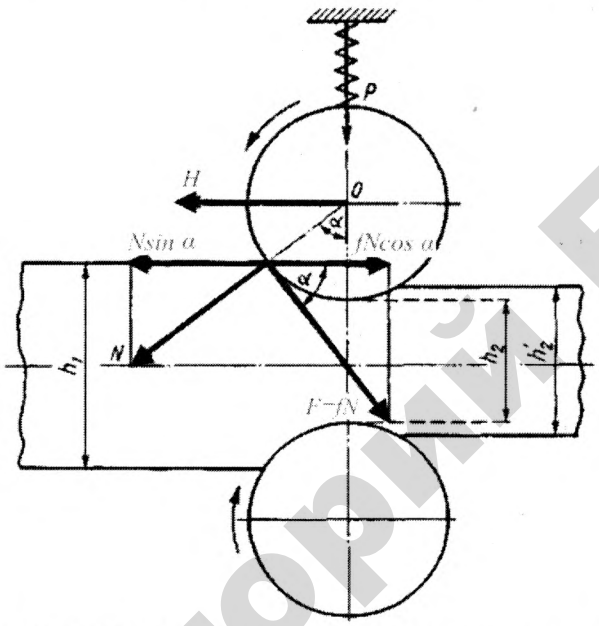


Рисунок 1.36 - Схема к расчету параметров питающих вальцов

Так верхний валец оказывает давление на массу, то эту силу P можно разделить на две составляющие:

– радиальную $$N = \frac{P}{\cos\alpha};$$

– и горизонтальную $$H = Ptg\alpha,$$

где P – сила давления верхнего вальца на слой корма, Н; α – угол захвата слоя массы, град.

Радиальная сила N вызывает силу трения на плоскости вальца $F=fN$. Разложив эти силы на вертикальные и горизонтальные следует, что вертикальная сила сжимает слой корма от начальной толщины h_1 до величины h_2. При расчетах рекомендуется принимать соотношение $h_1/ h_2 = 0{,}4\ldots0{,}6$.

Для выполнения условия затягивания корма между вальцами необходимо выполнение условия

$$fN\cos\alpha > N\sin\alpha, \qquad (1.125)$$

где f – коэффициент трения, $f= tg\alpha$.

Следовательно, для того чтобы обеспечивался захват слоя корма необходимо, чтобы угол трения φ был больше угла захвата слоя массы α.

Важным параметром питающего аппарата с вальцами является диаметр вальцов. Этот параметр зависит от соотношения толщины слоя на входе и уплотненного слоя корма. Из треугольника aOc видно, что

Репозиторий БГАТУ

$$\frac{h_1 - h_2}{2} = \frac{D}{2} - \frac{D}{2}\cos\alpha \qquad (1.126)$$

Откуда

$$D = \frac{(h_1 - h_2)}{1 - \cos\alpha},$$

где h_1 – толщина поступающего слоя корма, м; h_2 – толщина уплотненного слоя корма, м.

Так как $\cos\alpha = 1/\sqrt{1 + tg^2\alpha}$ и $tg\alpha \le f = tg\varphi$, получим

$$D \ge \frac{h_1 - h_2}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}}}. \qquad (1.127)$$

Для выполнения последнего условия значения диаметра вальцов получаются большими, что конструктивно неудобно. Поэтому диаметр вальцов принимают меньшим чем расчетное значение.

С целью обеспечения бесперебойного затягивания массы между вальцами, вращающимися с окружной скоростью $\upsilon_в$, поступающей с подающего транспортера со скоростью $\upsilon_{тр}$, необходимо соблюдение условий $\upsilon_в > \upsilon_{тр}$. В расчетах принимают $\upsilon_в = (1{,}25\ldots1{,}31)\upsilon_{тр}$.

На процесс движения массы из питающихся вальцов $\upsilon_м$ существенное значение оказывают скорости верхнего υ_1 и нижнего υ_2 вальцов. С целью обеспечения равномерности подачи корма в измельчающий аппарат рекомендуется чтобы $\upsilon_м = 0{,}88\ldots0{,}93(\upsilon_1 = \upsilon_2)$.

1.4 Механизация подготовки к скармливанию корнеклубнеплодов

1.4.1 Устройство и рабочий процесс машин и оборудования для подготовки к скармливанию корнеклубнеплодов

Корнеклубнеплоды применяются в виде сочного молокогонного корма в молочном скотоводстве. Скармливать животным их можно как в целом виде (кроме мелких), так и в измельченном – с целью механизации процесса раздачи и включения их в состав кормосмеси.

Для *отделения примесей от корнеклубнеплодов*, применяются два основных способа:

1. Выделение примесей с массы при использовании воды.

Преимущество:

– высокая эффективность очистки корнеклубнеплодов;

– достаточно простой способ выделения твёрдых примесей;

– большая универсальность использования машин для мойки различных корнеклубнеплодов (морковь, картофель, бураки);

– относительно высокая производительность используемой машины.

Недостатки:

– относительно небольшой срок хранения конечного продукта (наличие влаги снижает продолжительность хранения);

– большое количество воды, используемое для процесса;

– низкая температура замерзания жидкости (0 ^{0}C).

2. Сухая очистка корнеклубнеплодов.

Недостатки:

– большая энергоёмкость процесса;

– наличие пыли при выполнении технологического процесса.

Преимущество:

– нет расхода воды.

Корнеклубнемойки подразделяются на следующие типы машин:

В зависимости от технологии мойки корнеклубнеплодов их различают:

– периодического;

Репозиторий БГАТУ

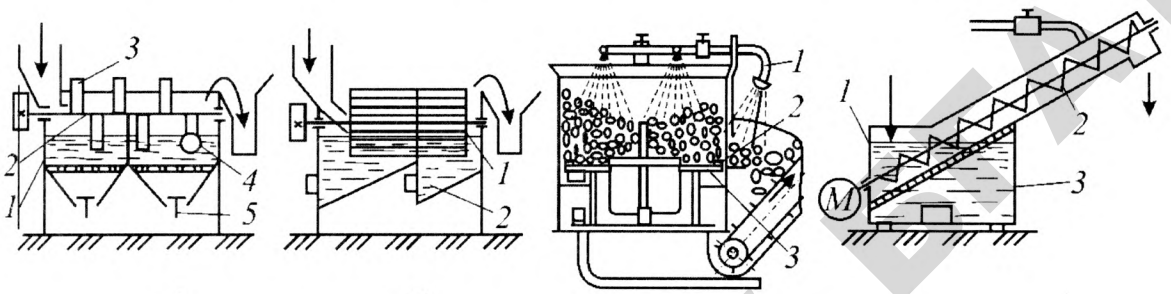
– непрерывного действия.

По конструкции рабочих органов корнеклубнемойки разделяются на: (рис. 1.37):

– *кулачковые*. Кулачковая корнеклубнемойка имеет ванну с решёткой и рабочий орган - вал с укреплёнными на нём по винтовой линии кулаками. У выходного торца на валу установлены выгрузные лопасти, которые переносят клубни за пределы ванны.

Ванна представляет собой желоб, перегороженный по длине на секции, в которых устроены камнеуловитель и люки для удаления камней и грязи. Расход воды на обработку обычно не превышает 0,6…0,8 л/кг.

– *барабанные*. Барабанная корнеклубнемойка имеет рабочий орган в виде пластинчатого барабана, вращающегося в ванне с водой. Корнеплоды, поступая с торца ванны и перемещаясь вдоль барабана, проходят путь, во время которого освобождаются от загрязнений.



а) б) в) г)

Рисунок 1.37 - Схемы корнеклубнемоек:
а) кулачная; б) барабанная; в) дисковая; г) шнековая

Последние оседают на дно ванны, а вымытые корнеплоды выбрасываются из барабана лопастью, укреплённой на его внутренней стенке у выгрузного торца. Машины этого типа используют также для сухой очистки (без применения воды).

– *шнековая* корнеклубнемойка представляет собой шнек, установленный в ванне. Шнек уложен в трубе, имеющей наклон к горизонту 25…90°. Труба, решетчатая в нижней части вместе с подающей частью шнека помещена в бункер с водой и корнеплодами.

При вращении шнека витки захватывают продукт и перемещают его вдоль кожуха к выходному окну. Навстречу продукту в кожух шнековой мойки подводят поток воды из отстойника ванны. Загрязнения оседают на дне ванны, которые периодически удаляются через специальный люк. Преимуществом шнековых моек является их высокая производительность (от 3 до 6 кг/с) и простота устройства.

– *дисковая* клубнемойка имеет моющий рабочий орган в виде плоского диска, к поверхности которого приварены выступы, выполняющие роль встряхивателей. Клубни, попадая на вращающийся диск, совершают вместе с ним круговое движение и, пробуксовывая относительно поверхности диска, перемешиваются под действием выступов. Одновременно подаваемая из кольцевого оросителя вода отмывает загрязнения. Дисковые клубнемойки не имеют камнеотделителя и отличаются повышенным расходом воды на обработку продукции.

Измельчители корнеплодов различают: дисковые с горизонтальным валом (рис. 1.38, а), дисковые с вертикальным валов (рис. 1.38, б), барабанные (рис. 1.38, в) и с неподвижными ножами (рис. 1.38, г). К измельчителям корнеклубнеплодов относятся корнерезки, корнетёрки и различные измельчители, отличающиеся друг от друга устройством рабочих органов и степенью измельчения материала.

Для измельчения корнеклубнеплодов мойки совмещены с измельчающими аппаратами и преобразованы в корнеклубнемойки-измельчители. Рабочий процесс всех моек основан на отделении загрязнений при трении корнеклубнеплодов о рабочие органы машины и друг о друга. Грязь, разбавляясь водой, оседает в определённых ёмкостях машины.

Репозиторий БГАТУ

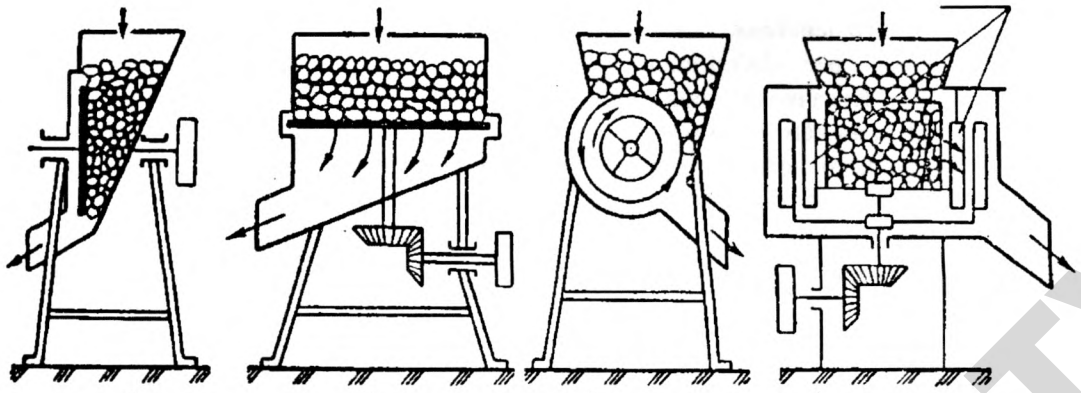


Рисунок 1.38–Измельчители корнеплодов:а) с горизонтальным валом; б) с вертикальным валом; в) барабанные; г) с неподвижными ножами

Корнеклубнемойка-измельчитель (рис. 1.39) состоит из ванны 12, вертикального шнека 11 с диском-активатором 13, измельчителя 9, скребкового транспортера 2 для выгрузки камней, электрооборудования и привода. Ванна12 и смонтированные на ней агрегаты установлены на общей раме 1. В самой ванне установлен шнек 11, верхний конец вала которого расположен в подшипнике, находящемся в корпусе. Нижний конец вала шнека опирается сферической опорой на капроновую пяту и имеет крылач-активатор 13.

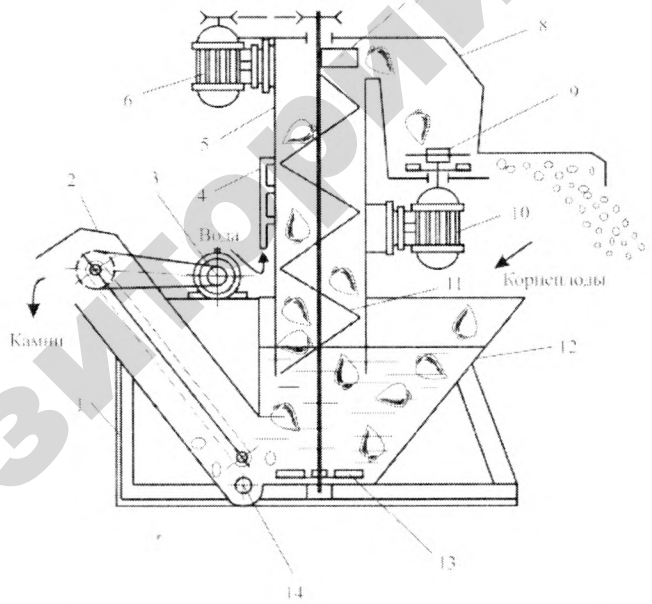


Рисунок 1.39 - Технологическая схема работы корнеклубнемойки-измельчителя:
1 – рама; 2 – транспортер-камнеудалитель; 3, 6 и 10 – электродвигатели; 4 – ороситель для подвода воды; 5 – кожух; 7 – выбрасыватель; 8 – корпус измельчителя; 9 – измельчитель; 11 – шнек; 12 – моечная ванна; 13 – диск-активатор; 14 – люк*Измельчающий аппарат* 9 состоит из литого корпуса и двух дисков, которые закреплены непосредственно на валу двухскоростного электродвигателя

Верхний диск служит для первоначального измельчения корнеклубнеплодов. К нему специальным болтом крепят два горизонтальных ножа (рис. 1.40).

Репозиторий БГАТУ

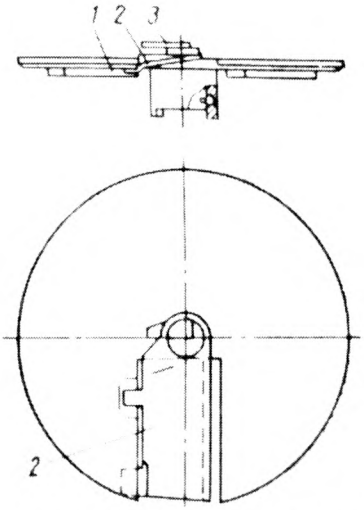


Рисунок 1.40 – Верхний диск:
1 – диск; 2 – нож; 3 – болт крепления ножа

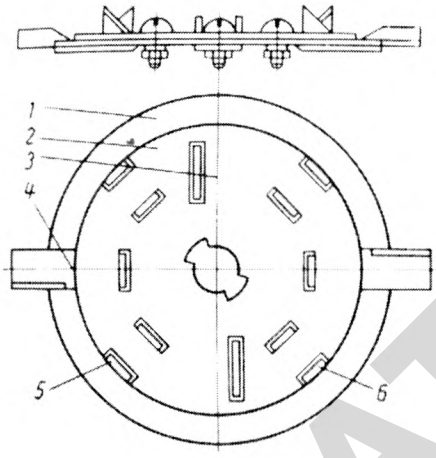


Рисунок 1.41 – Нижний диск:
1– нижний диск; 2 – верхний диск; 3 – лопасть; 4 – внешняя лопасть; 5, 6 – нож

Нижний диск с ножами предназначен для окончательного измельчения корнеклубнеплодов и состоит из верхнего и нижнего разъемных дисков, двух внутренних и двух наружных лопастей и четырех вертикальных ножей с наружной и внутренней заточкой (рис.1.41).

Все рабочие органы измельчителя последовательно насажены на вал электродвигателя и зафиксированы. Измельчитель имеет также *съемную деку* (рис. 1.42).

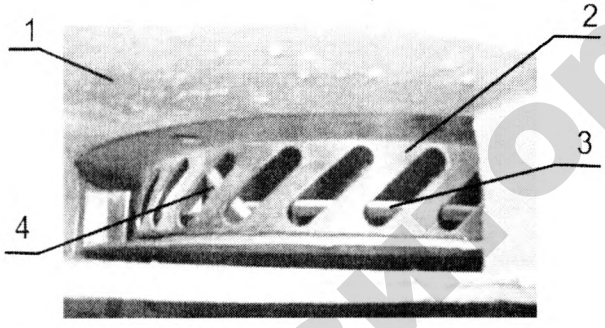


Рисунок 1.42 – Дека:
1 – корпус; 2 – дека ; 3 – диск; 4 – нож

При подготовке корнеклубнеплодов крупному рогатому скоту снимают деку, а частоту вращения двигателя измельчителя снижают до 500 мин$^{-1}$.

Для приготовления корнеклубнеплодов свиньям ставят деку, а частоту вращения двигателя устанавливают 1000 мин$^{-1}$.

При необходимости переработки мерзлых корнеклубнеплодов устанавливают на верхнем диске зубчатые горизонтальные ножи.

Рассмотренная корнеклубнемойка-измельчитель обеспечивает также мойку картофеля без его измельчения. В этом случае снимают с измельчителя деку и верхний диск, а на их место устанавливают диск-выбрасыватель. В этом случае электродвигатель измельчителя должен иметь частоту вращения 500 мин$^{-1}$.

Транспортер-камнеудалитель 2 предназначен для выгрузки из ванны камней, песка и грязи. Он состоит из основного и откидного кожухов, качающегося транспортера со скребками и привода. На основном кожухе внизу установлен люк с клапаном для очистки и слива воды из ванны. Привод транспортера состоит из расположенного на кронштейне ванны моторредуктора и цепной передачи.

Каждый рабочий орган корнеклубнемойки-измельчителя (шнек, измельчитель и транспортер-камнеудалитель) имеет индивидуальный привод от электродвигателя.

Репозиторий БГАТУ

Перед пуском корнеклубнемойки-измельчителя в работу нужно убедиться в том, что в нем нет посторонних предметов, после чего открывают кран и заполняют моечную ванну водой до уровня переливной трубки. После этого последовательно включают измельчитель, шнек и транспортер для выгрузки камней.

Электродвигатель шнека включают только при включенном электродвигателе измельчителя. Это обеспечивает подачу корнеклубнеплодов на вращающийся режущий диск, не допускает забивания измельчителя в момент пуска. Включение скребкового транспортера производится независимо от работы других механизмов. Загрузку корнеклубнеплодов в ванну производится при наличии воды в ванне и при работающем шнеке. Нормальная работа измельчителя обеспечивается при непрерывной подаче корнеклубнеплодов.

Когда все механизмы работают, корнеклубнеплоды с транспортера загрузки поступают в моечную ванну 12, где под действием водного потока, создаваемого крылачом 13, отмываются, захватываются шнеком мойки 11 и транспортируются вверх в камеру измельчителя 9. По мере движения вверх клубни обмываются в шнеке 11 встречным потоком воды, подаваемой через ороситель подвода воды 4. Количество воды, подаваемой через ороситель, регулируется вентилем и зависит от степени загрязнения картофеля. По мере поступления чистой воды из оросителя 4, грязная сливается в канализацию через люк 14.

Очищенные корнеклубнеплоды измельчаются горизонтальными ножами верхнего диска и под действием центробежных сил поступают к деке, где окончательно измельчаются вертикальными ножами и выбрасываются лопатками нижнего диска через направляющий рукав наружу.

Камни, крупные комки земли и другие инородные предметы, имея большую плотность, чем корнеклубнеплоды, опускаются на дно ванны 12 и крылачом 13 направляются в приемную горловину транспортера-камнеудалителя 2, которым выбрасываются наружу машины.

По окончании работы корнеклубнемойки-измельчителя необходимо очистить измельчитель от грязи и измельченной массы, а также фильтр сетки на всасывающей магистрали насоса.

С целью перерабатки крупных корнеплодов корнеклубнемойка-измельчитель может оборудоваться *безвальным шнеком*, который состоит из винтовой спирали с шагом 380 мм (рис. 1.43). Применение безвального шнека (винтового конвейера) позволяет перерабатывать более крупные корнеплоды – диаметром до 350 мм.

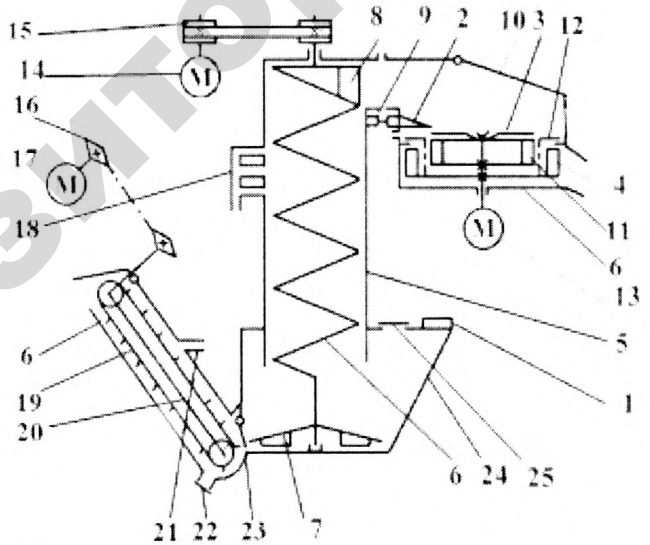


Рисунок 1.43 - Схема корнеклубнемойки-измельчителя с безвальным шнеком:
1 – загрузочная горловина; 2 – упор; 3 – нож сменный горизонтальный; 4 – выбрасыватель; 5 – кожух шнека; 6 – шнек; 7 – диск-активатор; 8 – лопасть; 9 – выключатель конечный; 10 – люк смотровой; 11 – лопасть внутренняя; 12 – дека; 13, 14 – электродвигатель; 15– передача ременная; 16 – передача цепная; 17 – мотор-редуктор; 18 – патрубок для подвода воды; 19 – транспортер скребковый; 20 – штанга; 21 – патрубок для отвода избыточной воды; 22 – люк для удаления грязи; 23 – клапан; 24 – ванна; 25 – смотровой люк

Репозиторий БГАТУ

Измельчитель-камнеуловитель универсальный может комплектоваться(рис. 1.44) механизмом для сухой очистки от земли, растительных остатков,отделения камней, мойки и измельчения корнеклубнеплодов всех видов и размеров. Применение сухой очистки обеспечивает снижение на 50 л расхода воды на 1 т корнеплодов и процесс очистки удешевляется.

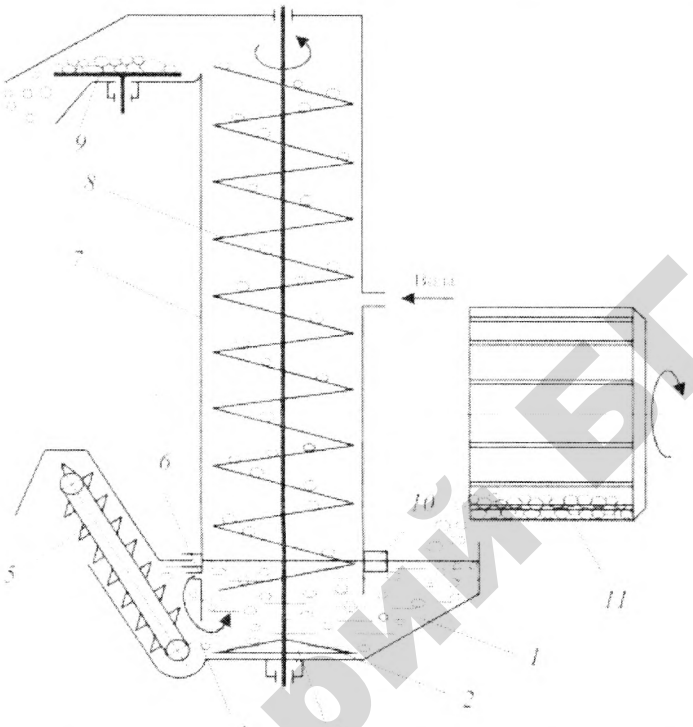


Рисунок 1.44 - Технологическая схема агрегата: 1 – ванна; 2 – моющий диск; 3 – лопатка моющего диска; 4 – окно выхода примесей; 5 – транспортер для удаления примесей; 6 – кольцевая щель; 7 – кожух шнека; 8 – шнек; 9 – измельчитель; 10,11 – барабан сухой очистки

Барабан предварительной сухой очистки выполнен диаметром 660 мм и длиной 950 мм. Он представляет собой обечайку с двумя канавками для клиновых ремней, соединенную с вальцами, которые с одной стороны вварены в обечайку, а с другой оставлены открытыми. Барабан, вращаемый электродвигателем, опирается на две пары опорных роликов, установленных на раме. Третья пара роликов размещена на кожухе и создает замкнутую систему.

При работе корнеклубнеплоды загружают во вращающийся барабан сухой очистки, где отделяется основная масса земли, соломы и растительных остатков. Из барабана, установленного с зазором относительно загрузочного лотка, корнеклубнеплоды попадают в ванну мойки-камнеотделителя, где потоком воды, создаваемым рабочим колесом и витками шнека, отмываются и подаются в измельчающий аппарат. Камни диаметром более 100 мм и другие тяжелые примеси отделяются от корнеклубнеплодов еще на наклонной стенке лотка мойки, а попадая на лопасть колеса, отбрасываются к наклонному транспортеру.

Мойка-измельчитель корнеклубнеплодов (рис. 1.45) может комплектоваться измельчителем барабанного типа, оборудованным молотками и снабженным противоударной декой. При необходимости измельчитель может быть отключен и тогда вымытые корнеплоды в целом виде поступают в транспортные средства.

Одним из путей уменьшения энергоёмкости процесса измельчения является снижение скорости резания. Наиболее полно этому отвечает разработанный и изготовленный *измельчающий аппарат с неподвижными ножами* и возможностью изменения расстояния между ними для настройки на заданную степень измельчения (рис. 1.46).

Репозиторий БГАТУ

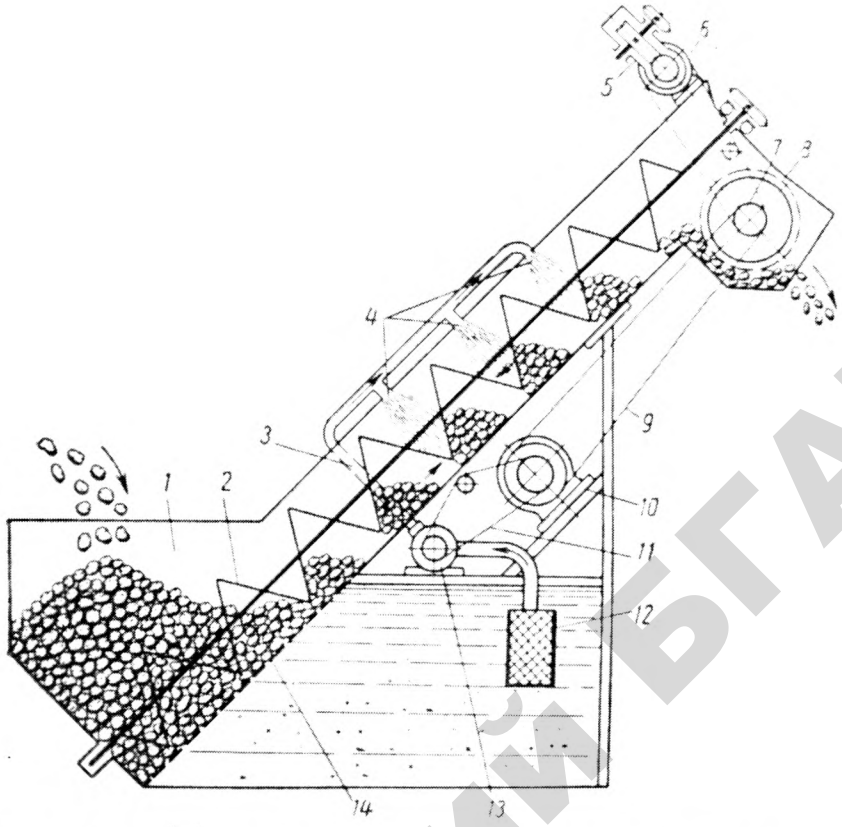
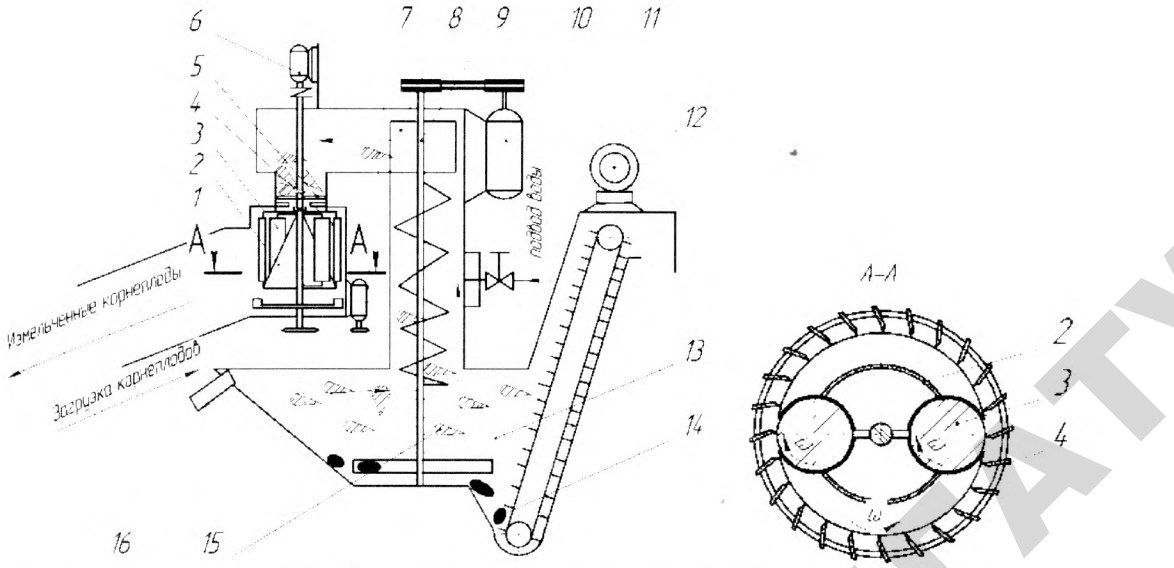


Рисунок 1.45 - Схема рабочего процесса измельчителя корнеплодов с измельчителем барабанного типа: 1 – приемный бункер; 2 – шнек; 3– трубопровод; 4 – форсунки; 5, 10 – электродвигатели; 6 – цепная передача; 7 – вал привода измельчителя; 8 – штифтовой барабан; 9, 11– передача; 12 – фильтр; 13 – центробежный насос; 14 – раструб с решеткой

Измельчитель-камнеуловитель состоит из ванны *13*, конвейера-камнеуловителя *12*, мойки и вертикального шнека, заимствованных от ИКМ-Ф-10. К верхней части на кожухе смонтирован аппарат первичного резания *5* с приводом *6*, а внутри кожуха расположен вертикальный шнек *9*, на валу которого в нижней части установлен активатор, а в верхней части выбрасыватель корней *8*. Винт в нижней части опирается на капроновую пятку. Измельчающий аппарат первичного резания *5* расположен в измельчающей камере и состоит из ножей с противорезами. Аппарат вторичного резания состоит из цилиндрической камеры, по периметру которой смонтирован блок ножей *4*. Внутри камеры вторичного резания расположен неподвижный конус *2*, а также подвижные вальцы *3* с механизмом привода *7*. В нижней части аппарата вторичного резания установлена швырялка *1*.

Рабочий процесс протекает следующим образом. Открытием водяного крана заполняют моечную ванну водой до уровня переливной трубки *16*. Затем включают привод аппарата первичного *6* и вторичного *7* резания, привод шнека *10* и привод транспортёра *11*, после чего загружаются корнеклубнеплоды в ванну. В моечной ванне вращающимся водяным потоком, создаваемым активатором, установленным у основания шнека, корнеклубнеплоды отмываются и винтом транспортируются к измельчителю. Загрязнения, камни и металлические примеси отбрасываются в приёмник транспортёра-камнеудалителя *12* и удаляются за пределы установки. В процессе перемещения корнеплодов винтовым конвейером к выбрасывателю *8* они дополнительно обмываются встречным потоком воды, выходящим из оросителя. Ножами диска аппарата первичного резания корнеплоды предварительно измельчаются до размеров, способных захватываться вальцами аппарата вторичного резания. В камере аппарата вторичного резания за счёт силы тяжести, центробежных сил, а также воздействия вальцов, предварительно измельчённые корнеклубнеплоды прижимаются к блоку неподвижных ножей и продавливаются через них.

Репозиторий БГАТУ



а) *б*)

Рисунок 1.46 - Конструктивно-технологическая схема измельчителя-камнеуловителя-мойки корнеклубнеплодов:
1 – крыльчатка; *2* – конус; *3* – вальцы; *4* – блок ножей; *5* – аппарат первичного резания; *6*, *7* – приводы аппаратов первичного и вторичного резания соответственно; *8* – выбрасыватель корней; *9* – шнек; *10* – привод шнека; *11* – привод выгрузного транспортёра; *12* – выгрузной транспортёр; *13* – ванна; *14* – камни; *15* – корнеплоды; *16* – переливная трубка

Степень измельчения изменяют установкой соответствующих сменных блоков ножей с различным расстоянием между ножами. После прохождения аппарата вторичного резания измельчённая масса попадает на крыльчатку, с помощью которой выбрасываются их камеры измельчения. Техническая характеристика измельчителя: производительность – до 5 т/ч; мощность электрооборудования – 9,5 кВт; габаритные размеры – 25500×1360×2860 мм; количество электродвигателей – 4 шт.; масса – 1060 кг; количество обслуживающего персонала – 1 человек.

Данная конструктивно-технологическая схема измельчителя-камнеуловителя-мойки позволяет уменьшить энергоёмкость процесса измельчения за счёт снижения усилия резания корнеклубнеплодов на второй ступени.

1.4.2 Расчет параметров дисковой корнеклубнемойки

Основным параметром мойки, является *производительность*, определить которую можно по формуле

$$Q = V\rho\frac{\varphi}{\tau_M},. \qquad (1.128)$$

где V – объём моечной камеры, м^3; ρ – плотность корма, кг/м^3; φ – коэффициент заполнения ванны (0,3…0,4); τ_M– время пребывания клубнеплодов в моечной камере (τ_M =60…90с)

Объём моечной камеры:

$$V = \frac{\pi D^2}{4}H \qquad ,(1.129)$$

где H – высота моечной камеры, м.

Диаметр моечной камеры:

Репозиторий БГАТУ

$$D = \sqrt{\frac{Q\tau_M}{\pi H \rho \varphi}}, \quad (1.130)$$

Важным показателем центробежной мойки, является определение *минимальной угловой скорости моечного диска*. Для ее определения рассмотрим схему сил, действующих на клубнеплоды на крылаче (рис. 1.47).

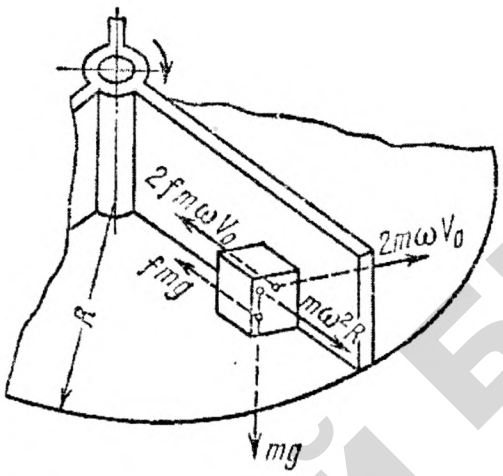


Рисунок 1.47 – Схема сил, действующих на клубни на крылаче

Перемещению клубня по плоскости крылача препятствует сила трения$F_{тр}$, вызванная действием его силы тяжести $F_{тяж}$:

$$F_{тр}=F_{тяж}\, f,$$

Условие, при котором клубень будет перемещаться крылачом, имеет вид:

$$mgf \le F_{ц}$$

где $F_{ц}$ – центробежная сила, Н. Определяется по формуле

$$F_{ц}=m\omega^2 R. \quad (1.131)$$

Тогда

$$mgf = m\omega^2 R, \quad (1.132)$$

откуда минимальная угловая скорость моечного диска

$$\omega = \sqrt{\frac{gf}{R}}.$$

1.4.3 Расчет параметров шнековой мойки корнеклубнеплодов

Для транспортировки корнеклубнеплодов в мойках используются шнек. При определении частоты вращения шнека мойки, расположенного под углом φ к вертикальной плоскости, рассмотрим силы, действующие на корнеплод витком шнека (рис. 1.48).

Перемещение клубня препятствует сила трения:

$$F_{тр}=f\, m\, g\, \sin\varphi, \quad (1.133)$$

где f – коэффициент трения; φ–угол между плоскостью витка шнека и вертикально действующей силой тяжести, град.

Репозиторий БГАТУ

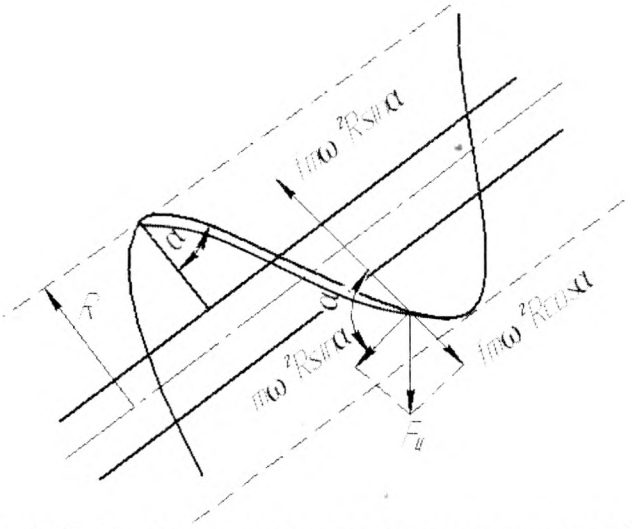


Рисунок 1.48 - Схема к определению параметров шнековой мойки

Разложим силу тяжести на силу нормального давления $mgsin\varphi$и касательную $mgcos\varphi$. Центробежную силу разложим на силу нормального давления на плоском витке:

$$F_ц=m\omega^2 Rsin\alpha, \quad (1.134)$$

и силу нормального давления на конце шнека:

$$F_ц=m\omega^2 Rcos\alpha., \quad (1.135)$$

Перемещению клубня по плоскости витка шнека препятствует сила вызванная действием центробежной силы:

$$F_ц=f\,m\,\omega^2 R\,sin\alpha, \quad (1.136)$$

где R – радиус витка шнека, м; α– угол наклона витка шнека, град; ω– угловая скорость витка шнека, $с^{-1}$.

Тогда максимально допустимую угловую скорость можно определить из выражения:

$$f\,m\,g\,cos\varphi = f\,m\,g\,sin\varphi + f\,m\,\omega^2 R\,sin\alpha, \quad (1.137)$$

откуда

$$\omega=\sqrt{\frac{2g\cos(1-ftg\varphi)}{D\sin\alpha}}, \quad (1.138)$$

Частота вращения шнека:

$$n=\frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{2g\cos(1-f\,tg\varphi)}{D\sin\alpha}}. \quad (1.139)$$

где D – диаметр витка шнека, м.

Производительность можно определить зная диаметр шнека мойки и заданную массу корма, проходящую в единицу времени:

$$Q=(D^2-d^2)S\rho\omega K_1 K_2, \quad (1.140)$$

где D – диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека, м; S – шаг витков шнека, м; ρ– плотность корма, кг/ $м^3$; K_1 – коэффициент заполнения рабочего пространства шнека, принимается равным K_1 = 0,3…0,4; K_2 – коэффициент заполнения шнека принимается равным от 0,25…0,35. Для случая, если шнек установлен под углом к горизонтальной плоскости, то 0,45…0,65.

Длина шнека:

$$L_ш=St_м\omega / 2\pi, \quad (1.141)$$

где$t_м$ – время пребывания продукта в мойке, ($t_м$ = 60…120 с).

При массовой доле загрязнений корнеклубнеплодов $\delta_з$ = 6…7 % длина шнека должна быть 2,5…3 м, при загрязнённости 20 % требуется шнек длиной до 6 м, что конструктивно выполнить трудно. В таких случаях корнеплоды последовательно пропускают через две моечные машины.

Объём моечной камеры:

Репозиторий БГАТУ

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H\varphi \quad ,(1.142)$$

где H – высота моечной камеры, м; φ – коэффициент заполнения ванны (0,3…0,4.)

Высота моечной камеры:

$$H_м=(0,85\div0,95)D. \quad (1.143)$$

Мощность, необходимая на привод шнека мойки затрачивается на:

– подъём продукта:

$$N_1=Q\,v_к^2=QH^2\omega^2, \quad (1.144)$$

где Q– производительность мойки, кг/с; $v_к$– скорость подъёма клубней, м/с; H – высота подъёма продукта, м; ω – угловая скорость шнека, $с^{-1}$.

– преодоление трения о внутреннюю поверхность кожуха шнека:

$$N_2=F_ц\,v_кf, \quad (1.145)$$

где $F_ц$– центробежная сила перемещающая клубни по внутренней поверхности кожуха, Н.

$$N_2=mRf\omega^2, \quad (1.146)$$

– преодоление силы трения о винтовую поверхность шнека:

$$N_3=F_{тяж}\,Rf\omega, \quad (1.147)$$

где $F_{тяж}$ – сила тяжести корма, Н,

$$F_{тяж}=mg. \quad (1.148)$$

Сложив составляющие, определим мощность на привод шнека мойки.

Практическое занятие. Определим диаметр шнека для транспортировки корнеплодов исходя из максимального их диаметра, $d_к$= 220 мм. Расстояние от вала шнека до кожуха:

$$B= d_к+ d_c= 220 + 15 = 235 \text{ мм},$$

где d_c – толщина слоя загрязнений на корнеплодах, мм. Во избежание заклинивания корнеплодов в шнековом рабочем органе мойки принимаем d_c= 15 мм.

Тогда диаметр кожуха шнека мойки:

$$D_к=2B+d= 2\cdot235 + 80 = 550 \text{ мм}.$$

где d – вал шнека, мм. Из условия прочности и устойчивости вала шнека принимаем d = 80 мм.

Наружный диаметр шнека

$$D_ш= D_к – d=550 - 20 = 530 \text{ мм},$$

где d – радиальный зазор между кожухом и шнеком, мм. Принимается равным d = 20 мм.

Шаг винта определяем из условия непроскальзывания корнеклубнеплодов вниз по ленте шнека, а также исходя из геометрических размеров корнеклубнеплодов и минимальных затрат энергии на перемещение продукта.

Условие непроскальзывания можно записать:

$$\alpha < arctg\, f_м ,$$

где α – угол подъема винтовой линии, град.; $f_м$ – коэффициент трения скольжения корнеклубнеплодов по мокрой поверхности черной стали, $f_м$= (0,7…0,9)f_o; f_o – коэффициент трения покоя корнеклубнеплодов по мокрой поверхности черной стали. Для картофеля f_o= 0,64…0,68, для сахарной свеклы f_o= 0,80…0,84.

Таким образом, исходя из условия непроскальзывания корнеклубнеплодов по ленте шнека в момент их соприкосновения, шаг винта определится:

$$S < \pi D_ш f_м= 3,14\cdot0,53\cdot0,45=0,75 \text{ м}$$

При захватывании корнеклубнеплодов нижним витком шнека они всегда распределяются на его ленте в один слой. Кроме того, поскольку с увеличением шага винта повышаются затраты энергии на транспортирование, получим:

$$S=d_к+\Delta=220+30=250 \text{ мм},$$

где Δ – зазор между верхним, смежным, витком шнека и корнеплодом, мм. Принимаем Δ = 30 мм.

С учетом этого принимаем S = 250 мм для транспортировки крупнокусковых продуктов, в частности корнеплодов, принимаем соотношение $S/ D_ш$= 0,50…0,53. В этом случае наиболее полно используется межвитковое пространство шнека и минимальны, для случая транспортировки корнеплодов с максимальным диаметром ($d_к$=220 мм), затраты энергии на транспорти-

Репозиторий БГАТУ

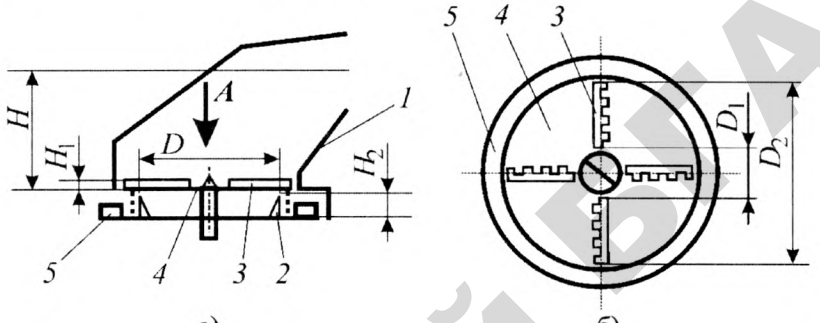
ровку продукта, что очевидно, поскольку затраты энергии прямо пропорциональны шагу *S* шнека.

Длину заборного устройства принимаем равной 1,5 S. Такое заборное устройство сможет захватывать корнеплоды при любой их ориентации в воде.

Два водораспределителя необходимо устанавливать диаметрально противоположно друг другу по всей длине кожуха шнека, с относительным смещением в вертикальной плоскости *S*/2, а направление струй моющей жидкости перпендикулярно винтовой поверхности шнека.

1.4.4 Расчет дискового измельчителя корнеплодов

Расчет принято вести, исходя из условий количества объема продукта, отрезаемого рабочей частью за один полный оборот диска (рис. 1.49).



а) б)

Рисунок 1.49 - Расчет дискового измельчающего аппарата: 1 - загрузочная воронка; 2 - вертикальный нож; 3 - горизонтальный нож; 4 - верхний диск; 5 - нижний диск с лопатками

В общем виде для любого рода ножей *производительность* горизонтально-дисковых измельчителей определяется по формуле

$$Q = V_i n \rho, \tag{1.149}$$

где *Q*- производительность, кг/с; V_i - объем продукта, отрезаемого ножами за один оборот, м^3; *n*- частота вращения, с$^{-1}$; ρ - объемная масса продукта, кг/м^3; *i* – ступень измельчения.

Объем продукта, V_1 (м^3), отрезаемого ножами за один оборот для первичной ступени измельчения

$$V_1 = F_1 H_1 z_1 k_1 k_2, \tag{1.150}$$

где F_1 - площадь, очерчиваемая ножом за один оборот вала, м^2; H_1 - толщина резки, м (рис. 43); z_1 - количество ножей на первой ступени измельчения, шт; k_1 - коэффициент использования длины лезвия ножа, $k_1 = 0{,}75...0{,}85$; k_2 - конструткивный коэффициент использования ножей, $k_2 = 0{,}8...0{,}9$.

Для первой ступени измельчения площадь, очерчиваемая ножом за один оборот вала

$$F_1 = \frac{\pi\left(D_2^2 - D_1^2\right)}{4}, \tag{1.151}$$

где D_1, D_2 - диаметры до наружной и внутренней кромок ножей, м (рис. 1.49).

Объем продукта, V_2 (м^3), отрезаемого ножами за один оборот для второй ступени измельчения

$$V_2 = F_2 h_2 z_2 k_1 k_2, \tag{1.152}$$

где F_2 - площадь, очерчиваемая ножом за один оборот вала, м^2; h_2 - толщина резки, м; z_2 - количество ножей на второй ступени измельчения, шт;

Площадь F_2, очерчиваемая ножом за один оборот вала

$$F_2 = \pi D H_2, \tag{1.153}$$

где D - диаметр камеры резания, м; H_2 - высота вертикального ножа, м.

Мощность N, необходимая для привода дискового измельчителя, составляет

Репозиторий БГАТУ

$$N = N_1 + N_2, \quad (1.154)$$

где N_1 - мощность, необходимая для привода первой ступени измельчителя, Вт; N_2 - мощность, необходимая для привода второй ступени измельчителя, Вт.

Мощность N_1расходуется на резание корнеплодов (N_{p1}), на преодоление сил трения корнеплодов о диск (N_{mp1}) и определяется по формуле

$$N_1 = \frac{N_{p1} + N_{mp1}}{\eta}, \quad (1.155)$$

где η=0,95 - механический КПД.

Мощность, затрачиваемая на резание корнеплодов, равна

$$N_{p1} = P_1 z_1 v k_1, \quad (1.156)$$

где P_1 - сила резания, Н; v - скорость резания, м/с.

Сила резания равна

$$P_1 = q_0 L_н, \quad (1.157)$$

где q_0 - удельное давление ножа на измельчаемый материал, $q_0 = (1{,}5...2{,}0)\cdot 10^3$ Н/м; $L_н$ - длина лезвия ножа, м.

Поскольку точка приложения силы резания P_1 расположена на расстоянии 2/3 радиуса от центра ножевого диска, то скорость резания определяется по формуле: $v = 2\pi D_2 n/3$, м/с.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения корнеплодов о диск равна

$$N_{mp1} = \frac{2M_n g f D_2 n \beta}{3}, \quad (1.158)$$

где M_n - масса корнеплодов, постоянно находящихся в приемном бункере измельчителя, кг; f=0,6 - коэффициент трения корнеплодов о диск; β=0,3…0,4 - коэффициент, учитывающий уменьшение силы нормального давления за счет режущего и отталкивающего действия ножей.

Мощность N_2, затрачиваемую на второй ступени измельчителя, определяют по формуле

$$N_2 = N_{p2} + N_{mp2} + N_{mp3}, \quad (1.159)$$

где N_{p2} - мощность, затрачиваемая на резание предварительно измельченного продукта, Вт; N_{mp2} - мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения продукта о диск второй ступени измельчителя, Вт; N_{mp3} - мощность, затрачиваемая на преодоление силы трения продуктов о стенки корпуса, Вт.

Мощность N_{p2}, затрачиваемая на резание предварительно измельченного продукта

$$N_{p2} = q_0 L_2 z_2 \pi D_2 n k_0 k_1, \quad (1.160)$$

где L_2 - длина нагруженного участка лезвия ножа, м; k_0 - коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки на ножи.

Мощность N_{mp2}, затрачиваемая на преодоление сил трения продукта о диск аппарата вторичного измельчения, составляет около 10% мощности, расходуемой на резаниеN_{mp2}= 0,1·N_{p2}.

Мощность N_{mp3}, затрачиваемая на преодоление сил трения продукта о стенки камеры измельчения на аппарате вторичного резания

$$N_{mp3} = \frac{25{,}6 \cdot \pi D_2 G g n f \beta}{2}, \quad (1.161)$$

где 25,6 - коэффициент, учитывающий характер взаимодействия измельченных корнеплодов, находящихся в аппарате вторичного резания, с декой и стенками камеры измельчения.

Энергоемкость процесса мойки и измельчения современных корнеклубнемоечных машин составляет 1,5...2 кВт·ч/т.

1.4.5 Расчет измельчающего аппарата с вальцовым подпором

Производительность устройства для измельчения корнеклубнеплодов с вальцовым подпором и плоскими ножами рассчитывали по формуле:

Репозиторий БГАТУ

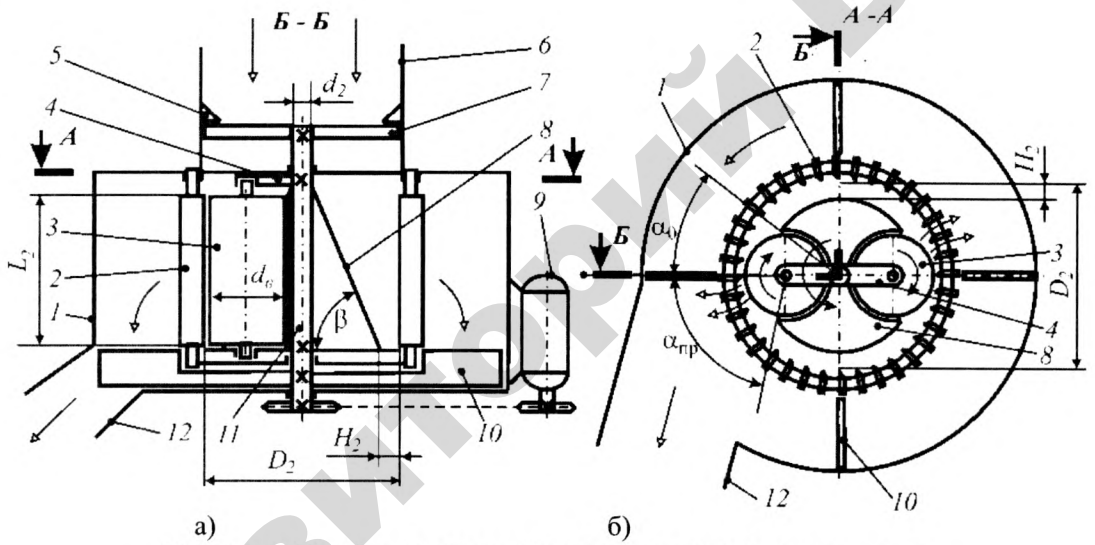
$$Q_{изм2} = \pi D_2 L_2 H_2 n_2 \rho_{2к} k_1 k_2 z_в, \quad (1.162)$$

где $Q_{изм2}$ – производительность второй ступени измельчающего аппарата, кг/с; D_2 – диаметр камеры второй ступени измельчения, м (рис. 1.50); L_2 – длина ножей во второй ступени измельчения, м; H_2 – толщина слоя, захватываемая одним вальцом, м; n_2 – частота вращения рабочего органа второй ступени измельчения, с$^{-1}$; $\rho_{2к}$ – насыпная плотность корма во второй ступени измельчения, кг/м^3; $z_в$ – количество вальцов, шт; k_1 -коэффициент использования длины лезвия ножа; k_2 -коэффициент, учитывающий пустоты между частицами продукта.

Необходимая *длина ножей,* определяющая высоту рабочей камеры:

$$L_2 \geq \frac{\left(D_2 - 2\left(\frac{D_2}{2} - \sqrt{\left(\frac{d_в}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_2 - d_в}{2}\right)^2 + d_в\left(\frac{D_2 - d_в}{2}\right)\cos\left(\frac{\varphi D_2}{D_2 - d_в}\right)}\right)\right) - d_2}{2tg\beta}, \quad (1.163)$$

где $d_в$ -диаметр вальца, м; φ -угол трения, град; β -угол наклона образующей конуса к основанию, град.



а) б)

Рисунок 1.50 - Измельчающий аппарат с вальцовым подпором:
А) разрез Б-Б; б) размерз А-А

1 – корус второй ступени измельчения; *2* – блок ножей второй ступени измельчения; *3* – вальцы; *4* – водило; *5* – противорезы; *6* – камера; *7* –ножи первой ступени измельчения; *8* – наколонный конус; *9* – привод; *10* – выбрасыватель конрей; *11* – вал рабочего органа; *12* – выгрузное окно

Захват слоя корнеклубнеплодов в зону продавливания происходит под действием сил трения по поверхности вальца 3 и ножами 2. Эти силы определяют толщину слоя H_2, влияющую на производительность второй ступени измельчения. *Толщину слоя* можно определить по выражению:

$$H_2 = \frac{D_2}{2} - \sqrt{\left(\frac{d_в}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_2 - d_в}{2}\right)^2 + d_в\left(\frac{D_2 - d_в}{2}\right)\cos\left(\frac{\varphi}{1 - \frac{d_в}{D_2}}\right)}. \quad (1.164)$$

Репозиторий БГАТУ

Для обеспечения надежной работы устройства для измельчения корнеклубнеплодов с вальцовым подпором необходимо выполнить условие:

$$h_{1z} \le H_2, \tag{1.165}$$

где h_{1z} – толщина слоя корнеклубнеплодов, последовательно прорезаемая соседними ножами в первой ступени измельчения, м.

Для выполнения этого условия *количество ножей* в первой ступени определяли по выражению:

$$z_1 = \frac{4Q_{изм1}}{\pi\left(D_1^2 - d_2^2\right)\rho_{к1} k_2 H_2 n_1}, \tag{1.166}$$

где D_1 - диаметр цилиндрической камеры, м; z_1 - количество ножей в первой ступени измельчения, шт; d_2 - диаметр приводного вала, м; n_1 - частота вращения рабочего органа в первой ступени измельчения, $с^{-1}$; $\rho_{к1}$ - насыпная плотность корма в первой ступени измельчения, $кг/м^3$.

В выражениях (1.163) и (1.164) определяющими для второй ступени измельчения являются диаметр камеры D_2 и угол трения φ. С точки зрения компактного размещения вальцов и максимального использования захватывающей способности вальцов необходимо применять вальцы с максимально возможно большим диаметром. Эти выражения (1.163) и (1.164) можно представить в следующем виде:

$$H_2 = \frac{D_2}{2} \cdot K_\varphi, \tag{1.167}$$

$$L_2 \ge \frac{D_2 \cdot \left(1 - K_\varphi\right) - d_2}{2tg\beta}, \tag{1.168}$$

где K_φ – коэффициент конструктивных параметров, учитывающий влияние угла трения φ.

Зависимость изменения коэффициента K_φ при изменении угла трения φ в пределах от 20 до 50° описывается выражением:

$$K_\varphi = 1 - \sqrt{0{,}5084 + 0{,}4916 \cdot \cos\left(1{,}77 \cdot \varphi\right)}. \tag{1.169}$$

В соответствии с зоотехническими требованиями для крупного рогатого скота размер измельченных корнеклубнеплодов должен находиться в пределах 10…15 мм. В соответствии с этим шаг h_2 расстановки ножей во второй ступени измельчения должен быть в пределах, обеспечивающих зоотехнические требования. При принятом количестве ножей z_2 расстояние h_2 между лезвиями ножей второй ступени измельчения находили по формуле:

$$h_2 = D_2 \sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right). \tag{1.170}$$

Максимальную частоту n_2 вращения рабочего органа второй ступени измельчения определяли из условия наиболее эффективного использования длины ножей L_2 и максимального заполнения ее камеры:

$$n_2 \le \frac{h_2 z_2 \lambda}{\pi D_2 L_2 z_в} \sqrt{2g\left(2{,}1\left(\frac{\left(d_в - a'\right)\left(\sqrt{D_2^2 - d_в^2} - d_в - a'\right)}{2\left(d_в + \sqrt{D_2^2 - d_в^2} - 4a'\right)}\right) - \frac{3{,}4\tau_0}{\rho_{k1}}\right)}, \tag{1.171}$$

где λ - коэффициент истечения; a' - размер корнеклубнеплодов после первой ступени измельчения, м; τ_0 - начальное напряжение сдвигу, Па.

Затраты *мощности на измельчениево второй ступени* определяли по выражению:

$$N_2 = N_{под2} + N_{р2} + N_{выг2} + N_{хх2}, \tag{1.172}$$

Репозиторий БГАТУ

где $N_{под2}$ – мощность на подвод корнеклубнеплодов в зону защемления, Вт; $N_{р2}$ – мощность на процесс резания, Вт; $N_{выг2}$ – мощность на выгрузку измельченных корнеклубнеплодов, Вт; $N_{хх2}$ – мощность холостого хода, Вт.

Наибольшие затраты мощности во второй ступени аппарата приходятся на резание и трение корнеклубнеплодов о валец и ножи:

$$N_{р2} = \left(N_{рез2} + N_{тв2}\right) \cdot z_{В} + N_{ир2}, \tag{1.173}$$

где $N_{рез2}$ – мощность на резание, Вт; $N_{тв2}$ – мощность на трение корнеклубнеплодов о валец, Вт; $N_{ир2}$ – мощность на подвод корнеклубнеплодов к ножевой решетке, Вт.

Мощность $N_{рез2}$ находили по формуле:

$$N_{рез2} = P_{р2}\vartheta_{р2}, \tag{1.174}$$

где $P_{р2}$ – сила, действующая со стороны ножевой решетки на корнеклубнеплоды, Н; $\vartheta_{р2}$ – скорость движения корнеклубнеплодов через ножевую решетку, м/с.

Силу $P_{р2}$ определяли по выражению:

$$P_{р2} = \left(P_{рез2} + P_{д2} + P_{тр2}\right) z_{н2}, \tag{1.175}$$

где $P_{рез2}$ – сопротивление резанию лезвием, Н; $P_{д2}$ – усилие на деформацию корнеклубнеплодов, Н; $P_{тр2}$ – усилие на преодоление трения, Н; $z_{н2}$ – количество ножей, одновременно участвующих в резании под действием одного вальца шт.

Силу $P_{рез2}$ для одного ножа находили по формуле:

$$P_{рез2} = k_{м} L_2 t_{н}^{c} \delta_1, \tag{1.176}$$

где $k_{м}$ - коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала; $t_{н}$ - толщина лезвия ножа, м; c - показатель степени; δ_1 - отношение пути сжатия к длине элемента стружки.

Для определения усилий на деформацию корнеклубнеплодов в одном межножевом пространстве второй ступени измельчения использовали выражение:

$$P_{д2} = \frac{E_3 L_2}{2h_2}\left[\left(2t_{н2}^2 \sin\left(j_2 - \alpha_{н2}\right)\right)\cos\alpha_{н2} - \left(2t_{н2}\cos\alpha_{н2} - S_{н}\sin\alpha_{н2}\right)\times \right. \\ \left. \times \left(S_{н} - t_{н2} ctg j_2\right)\sin\alpha_{н2}\right], \tag{1.177}$$

где E_3 - модуль упруго-пластических деформаций корнеклубнеплода, Па; $t_{н2}$ -толщина ножа второй ступени измельчения, м; j_2 - угол заточки лезвия ножа, град; $\alpha_{н2}$ - угол между двумя соседними ножами, град; $S_{н}$ - ширина ножа, м.

Для определения усилий на преодоление трения в одном межножевом пространстве второй ступени измельчения использовали выражение:

$$P_{д2} = \frac{E_3 L_2 f}{h_2}\left[\left(2t_{н2}^2 \sin\left(j_2 - \alpha_{н2}\right)\right)\cos\alpha_{н2} - \left(2t_{н2}\cos\alpha_{н2} - S_{н}\sin\alpha_{н2}\right)\times \right. \\ \left. \times \left(S_{н} - t_{н2} ctg j_2\right)\sin\alpha_{н2}\right], \tag{1.178}$$

где f - коэффициент трения.

Выражение для определения средней скорости движения корнеклубнеплодов через ножевую решетку с учетом коэффициента (K_{φ}) можно записать:

$$\vartheta_{р2} = D_2 n_2 K_{\varphi} \frac{180^{\circ}}{\alpha_0}, \tag{1.179}$$

Репозиторий БГАТУ

где α_0 -центральный угол, определяемый по выражению $\alpha_0 = \arccos\left(\frac{0{,}141 + 0{,}359(1-K_\varphi)^2}{1-K_\varphi}\right)$, град.

Выражение для определения затрат мощности $N_{ИР2}$ на подвод корнеклубнеплодов к ножевой решетке можно записать:

$$N_{ИР2} = \frac{D_2^3 L_2 \rho_{к1} K_\varphi (1-K_\varphi)(2-K_\varphi)\omega_2^2}{32}. \qquad (1.180)$$

где ω_2 - угловая скорость рабочего органа, $с^{-1}$.

1.5 Механизация дозирования кормов

1.5.1 Классификация дозаторов

Дозирование - это процесс отмеривания заданного количества материала с требуемой точностью. Степень точности определяется зоотехническими и технологическими требованиями, а также обосновывается экономическими соображениями. Дорогостоящие и дефицитные комбикорма дозируются с более высокой точностью, чем стебельные и корнеплоды. Наиболее строгую точность дозирования требуется обеспечить при производстве белково-витаминных минеральных добавок, так как малейшее отклонение от норм, предусмотренных в рецепте для отдельных компонентов, может привести не только к нарушению пищеварения и заболеванию животных, но даже к их гибели.

Известны *два способа* дозирования материалов - объемное и массовое. В отдельных случаях применяется смешанный способ - объемно-массовое, когда предварительно отмеривается порция по объему, а затем ее масса доводится до заданного значения на весовом устройстве. Устройства, предназначенные для отмеривания и выдачи заданной дозы, называются дозаторами.

По характеру протекания процесса дозирование может быть порционным или непрерывным. В технологии приготовления кормов наиболее широкое применение получили объемный порционный и объемный непрерывный способы.

Объемные дозаторы просты по конструкции и в эксплуатации, но обеспечивают невысокую точность дозирования. Погрешность объемных дозаторов достигает 10…12%.

Для массового дозирования применяются массовые дозаторы порционного или непрерывного действия; они могут быть оборудованы средствами автоматического контроля и управления с регистрацией массы и числа выданных порций. Такие дозаторы позволяют получить высокую точность дозирования (погрешность составляет – 1…3%), но они сложны по устройству и дороги.

Выбор способа дозирования, и типа дозатора зависит от свойств дозируемых материалов, из которых наиболее существенными являются: объемная масса, гранулометрический состав сыпучих материалов, углы естественного откоса и обрушения, влажность, склонность к сводообразованию, слеживаемость, комкуемость и др.

В процессе работы дозаторы должны выполнять следующие функции.

1. Производить выдачу заданного количества материала (дозы) с требуемой точностью, то есть обеспечивать подачу материала впределах установленного допуска $Q_з \pm \Delta$, где $Q_з$ - заданная доза; Δ - величина допуска. Эта задача может иметь следующие варианты решения:

а) без регламентации времени выдачи;

б) с выдачей за минимальное время t_{min};

в) с выдачей за строго определенное время Δt.

2. Обеспечивать расход непрерывным потоком с целью поддержания заданной подачи материала $Q(t) \pm \Delta$, выдаваемого за промежуток времени Δt.

3. Обеспечивать заданный расход одного из исходных компонентов смеси.

При объемном способе дозирования расчетная порция сыпучего материала определяется по формуле

Репозиторий БГАТУ

$$Q=\rho \cdot V, \qquad (1.181)$$

где ρ - объемная масса материала, кг/м^3; V - объем порции, м^3.

При постоянном объеме V отмериваемой порции влияние свойств материала на возможные отклонения действительных значений величины от расчетных оцениваются статистическими характеристиками - математическим ожиданием $M(q)$ и дисперсией $D(q)$. С изменением заданного объема V порции эти характеристики также будут изменяться, что можно выразить зависимостями среднего квадратического отклонения $\sigma(q)$ или коэффициента вариации $\nu(q)$ от заданного объема порции, то есть зависимостями $\sigma=f_1(V)$ и $\nu=f_2(V)$.

В свою очередь, значение для любого заданного уровня также может статистически изменяться. Эти изменения обусловлены выбранным способом формирования поверхности площади S_V отделяемой дозатором порции заданного объема.

Различные части общей поверхности формируемого тела могут быть образованы: площадью жесткой стенки дозатора $S_{ж.с}$, углом естественного откоса $S_{е.о}$ дозируемого материала, углом его обрушения $S_{обр}$, поверхностью, образованной активным рабочим органом дозатора при принудительном отделении порции от основной части материала $S_д$, то есть $S_V = S_{ж.с}+S_{е.о}+S_{обр}+S_д$.

Площади поверхностей $S_{е.о}$ и $S_{обр}$, зависящие от свойств дозируемого материала, формируются случайным образом и являются одной из причин колебания действительного объема V.

Сумму флюктирующих площадей $S_{е.о}+S_{обр}$ обозначим через $S_ф$ и их изменения выразим через отношение $\eta = \left(S_V - S_ф\right)/S_V$.

Из формулы видно, что изменение суммарной площади S_V поверхности объема порции зависит только от площади $S_ф$ флюктирующей поверхности, обусловленной свойствами дозируемого материала.

Показатель η_V дозируемости будет иметь максимальное значение ($\eta_{V\,max}=1$) в случае, если формируемый объем порции ограничен со всех сторон жесткой стенкой. Такой случай имеет место при использовании для выдачи порций мерных емкостей, которые после заполнения перекрываются задвижками. При этом погрешности в дозировании минимальны.

Площади $S_{е.о}$ и $S_{обр}$ определяются по средним значениям углов естественного откоса и обрушения для того или иного материала и геометрическими размерами тел (пустот), образуемых при отделении порции.

Показатель дозируемости η_V отражает способность дозатора к точности дозирования материала и может служить оценкой совершенства дозирующего устройства. Дозаторы с меньшими значениями показателя η_V дают более высокую погрешность дозирования.

Если по результатам опытов определить зависимость коэффициента вариации (как показателя погрешности) $\nu=f(\eta_V)$ от численного значения показателя η_V, а затем аналогичную зависимость от показателей точности, то можно оценить приемлемость дозатора определенного типа для заданных условий работы. Эти условия задаются зоотехническими требованиями на точность дозирования, представляющую собой технологический допуск Δ. Так по данным А. П. Дмитроченко, *допуск на дозирование* стебельных кормов может быть принят

$$\Delta = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{ср}} \le 0{,}1\,, \qquad (1.182)$$

где Q_{max}, Q_{min}, $Q_{ср}$ - подача дозатора соответственно максимальная, минимальная и средняя, кг/с.

При нормальном распределении значений погрешности дозатора величина допуска Δ может быть выражена в долях квадратического отклонения, то есть

$$\delta_{max}=t_\beta \cdot \sigma \le \Delta, \qquad (1.183)$$

где δ_{max}- наибольшая погрешность; t_β- показатель достоверности при доверительной вероятности β (обычно β=0,95, при этом t_β=1,96).

В процессе непрерывного дозирования среднее значение *абсолютной погрешности* дозатора равно

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^{m}\left(Q_i - Q_p\right)}{m}, \qquad (1.184)$$

Репозиторий БГАТУ

где Q_i - действительная подача в *i*-ом измерении, кг/с; Q_p - расчетное значение подачи, кг/с; *m* - число измерений.

Относительная погрешность дозирующего устройства оценивается коэффициентом вариации, который показывает отклонение, отнесенное к среднему значению случайной величины,

$$\nu = \frac{\pm 100S}{\overline{Q}}, \tag{1.185}$$

где *S* - среднеквадратическая погрешность; $\overline{Q}$ - среднее значение подачи дозатора в *m* пробах, кг/с.

Как отмечает В. Р. Алешкин, показатели погрешности, выраженные в виде числовых характеристик случайной величины, не дают объективных показателей оценки точности дозирования в общем случае, потому что значения их зависят от числа проб, абсолютной величины среднего значения, изменяются во времени и не отражают внутренней структуры процесса. Наиболее современной является система оценки технологических допусков. Суть ее заключается в следующем. Поток корма, выдаваемый дозатором, представляют как случайный процесс в виде реализации подачи во времени. Реализацию выходного процесса, определяющего эффективность функционирования дозатора по выбранному показателю, в общем виде можно представить как

$$y_i(t) = \bar{y} + \dot{m}_y(t) + \dot{y}(t), \tag{1.186}$$

где $y_i(t)$ - любая реализация случайного процесса; $\bar{y}$ - среднее значение процесса (общее); $\dot{m}_y(t)$ - центрированная составляющая низкочастотной части процесса (отклонение от среднего значения); $\dot{y}(t)$ - отклонения случайного процесса от центрированной составляющей (центрированный процесс).

Например, в реализации процесса дозирования соломенной резки (рис. 1.51) в качестве показателя эффективности $y_i(t)$ принята *вероятность его пребывания в поле допуска* P_Δ. Физический смысл вероятности P_Δ заключается в том, что она показывает долю времени реализации, в течение которого процесс находится в поле допуска. В результате исследования процессов дозирования установлено, что отклонение от среднего значения конкретной дозы корма распределяется по нормальному закону и допуск относительно среднего значения симметричен. График плотности вероятностей *f(y)* нормального закона распределения случайной величины (отклонение подачи от среднего значения) показан в правой части (см. рис. 33). Вероятность P_Δ в графическом виде представляется заштрихованной площадью под кривой плотности, а аналитически - выражение

$$P_\Delta = 2\Phi\left(\frac{\Delta}{\nu}\right), \tag{1.187}$$

где *Ф*- функция Лапласса, принимаемая по таблицам в зависимости от Δ/ν; 2 - цифра, которая обозначает симметричность допуска относительно среднего значения подачи; ν - среднеквадратическое отклонение случайного процесса за время реализации, отнесенное к среднему значению, то есть $\nu = S/\bar{y}$.

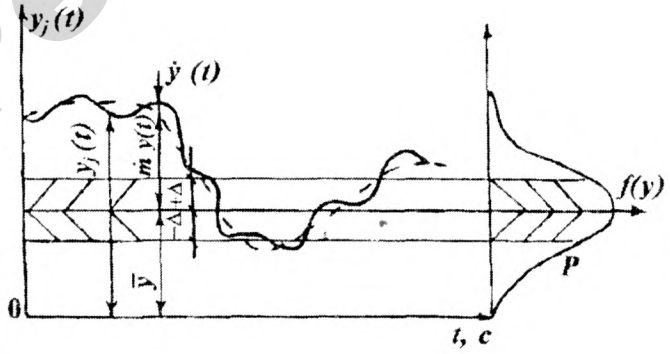


Рисунок 1.51 - Реализация случайного процесса подачи соломы (по В. Р. Алешкину и П. М. Рощину)

Репозиторий БГАТУ

Для определения значения *S*необходимо иметь не менее 60 измерений ординат случайного процесса

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(y_i - \bar{y})^2}{m-1}}, \qquad (1.188)$$

где y_i - текущее значение подачи в i-ом измерении, i=1, 2, …, n; m - число ординат, принятое для расчета.

Массовые (весовые) дозаторы позволяют с большей, чем объемные, точностью (в условиях постоянного микроклимата) составлять рецепты смесей с погрешностью в пределах ± 0,1…1 %, и поэтому применение их обязательно в линиях приготовления премиксов, белково-витаминных добавок и комбикормов повышенного качества с введением компонентов, составляющих менее 3 % смеси.

Применение массовых дозаторов в комбикормовой промышленности, как правило, сочетается с порционным смешиванием компонентов и автоматизацией управления линиями. По конструкции весовые дозаторы аналогичны, отличаются лишь количеством питателей и грузоподъемностью ковша.

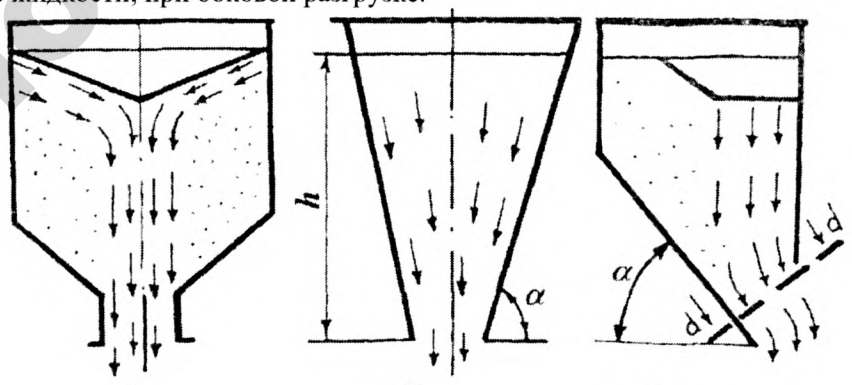
Каждый отдельный компонент в соответствии с заданным рецептом подается на весы питателями, которые имеют индивидуальный привод от скоростных электродвигателей. Питатели переключают для последовательной подачи компонентов с бункеров автоматически, после получения порции заданной массы. При этом в конце подачи каждой порции винтовой конвейер переключается на сниженное число оборотов для более осторожной досыпки. Взвешенная порция также автоматически выгружается с ковша весов в смеситель либо в приемный накопительный бункер. После этого начинается новый цикл взвешивания.

Массовое непрерывное дозирование затруднено из-за отсутствия надежных и простых по конструкции весовых дозаторов непрерывного действия. Имеющиеся системы уступают порционным по точности и экономическим показателям.

1.5.2 Дозаторы

Гравитационные дозаторы представляют собой бункерные устройства с регулируемой щелью выгрузки. Используются в основном в качестве дозаторов для легкосыпучих кормовых материалов, в том числе для зерна, являются регуляторами загрузки зерновых дробилок. Отличаясь простотой конструкции, гравитационные дозаторы, тем не менее, ограниченно применимы при дозировании кусковых и связных материалов.

Процессы истечения кормов из отверстий бункеров делятся на три основных вида (рис. 1.52): нормальный, при котором материал движется в виде столба, расположенного над отверстием истечения; гидравлический, при котором весь сыпучий материал в бункере движется вниз подобно жидкости; при боковой разгрузке.



а) б) в)

Рисунок 1.52 - Виды истечения насыпных кормов из отверстий бункера:
а - нормальный; *б* - гидравлический; *в* - при боковой разгрузке

Репозиторий БГАТУ

Наиболее часто используют первый вид истечения, который происходит во всех бункерах периодического действия, имеющих угол наклона стенок в рекомендуемых пределах.

Второй вид истечения характерен в случаях: когда угол наклона стенок бункера к горизонту превышает критический угол, величина которого колеблется от 45°+φ/2 до 75…80° (φ - угол внутреннего трения насыпного груза, который для легкосыпучих материалов может быть приравнен к углу естественного откоса, град.); когда бункер подвергается вибрации для выгрузки из него связного или залегающего материала; когда насыпной материал содержит столько влаги, что по свойствам приближается к жидкости.

В случае *гидравлического истечения* (рис. 52, б) и при обычно встречающихся на практике размерах отверстий бункеров среднюю скорость истечения v (м/с) определяют по формуле

$$v = \lambda\sqrt{2gh}\,, \tag{1.189}$$

где g - ускорение свободного падения, м/с^2; h- высота слоя материала в бункере, м; λ - коэффициент истечения.

Из формулы (2.148) видно, что скорость v не зависит от размеров отверстия.

При нормальном истечении скорость тем больше, чем шире отверстие истечения. Поэтому, при нормальном истечении сначала определяют площадь отверстия истечения и гидравлический радиус отверстия, а затем скорость истечения.

Площадь отверстия истечения S(м^2) определяют с учетом размера a' типичных частиц насыпного материала по следующим формулам:
для круглого отверстия

$$S = \frac{\pi(D-a')^2}{4}\,, \tag{1.190}$$

для квадратного отверстия:

$$S = (A-a')^2\,, \tag{1.191}$$

где A- размер стороны квадратного отверстия, м;
для прямоугольного отверстия:

$$S = (A-a')(B-a')\,, \tag{1.192}$$

где D - диаметр отверстия бункера, м; a' - средний размер частиц материала, м; AиB- соответственно ширина и длина отверстия бункера, м.

Наиболее часто применяют выпускные отверстия бункеров квадратной или прямоугольной формы, так как они обеспечивают беспрепятственное истечение материала.

При определении размера стороны наименьшего допустимого квадратного отверстия для легкосыпучих материалов К. В. Алферовым предложена следующая формула

$$A = K(a'+80)\operatorname{tg}\varphi\,,$$

где K - опытный коэффициент (K=2,4…2,6).

Для расчета ширины A(мм) прямоугольных отверстий эта формула с учетом гидравлического радиуса приводится к следующему виду

$$A = \frac{K(1+n_1)(a+80)\operatorname{tg}\varphi}{2n_1}\,, \tag{1.193}$$

где $n_1 = B/A$ - отношение большей стороны отверстия к меньшей.

При нормальном истечении легкосыпучих материалов скорость истечения v (м/с) рассчитывают по формуле

$$v = \lambda\sqrt{3{,}2Rg}\,, \tag{1.194}$$

где R- гидравлический радиус отверстия, м, (R=S/L); L- периметр выпускного отверстия, м.

Гидравлический радиус Rопределяют по следующим формулам:
для круглого отверстия:

$$R = \frac{D-a'}{4}\,, \tag{1.195}$$

для прямоугольного отверстия:

Репозиторий БГАТУ

$$R = \frac{(A - a')(B - a')}{2(A + B - 2a')}, \tag{1.196}$$

для квадратного отверстия:

$$R = \frac{A - a'}{4}, \tag{1.197}$$

При нормальном истечении связных насыпных материалов находят *критический радиус отверстия* истечения по формуле:

$$R_{кр} = \frac{\tau_0 tg^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right)}{\rho}, \tag{1.198}$$

где τ - начальное сопротивление сдвигу.

Если для данного отверстия $R \geq R_{кр}$, то средняя *скорость истечения*

$$v = \lambda\sqrt{2g\left(1{,}6R - \frac{\tau_0}{\rho}\right)}. \tag{1.199}$$

Если же $R < R_{кр}$, то

$$v = \lambda\sqrt{2g\left(2{,}1R - \frac{3{,}4\tau_0}{\rho}\right)}. \tag{1.200}$$

Коэффициент истечения зависит от свойств насыпного материала. Наибольшее значение λ=0,55…0,65 принимают для легкосыпучих материалов. Крупнозернистые и кусковые материалы с кускаминеправильной формы в сухом состоянии имеют λ=0,3…0,5. Наименьшее значение λ=0,2…0,25 присуще пылевидным порошкообразным, а также увлажненным порошкообразным материалам.

Скорость истечения при боковой разгрузке насыпных материалов определяется выражением

$$v = \lambda \sin\alpha \cdot \sqrt{2g\left(1{,}6R_y - \frac{\tau_0}{\rho f}\right)}, \tag{1.201}$$

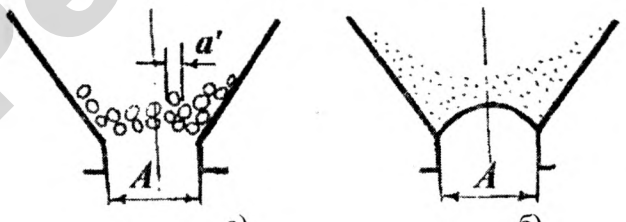
где α - угол наклона к горизонту днища бункера в зоне расположения выпускного отверстия, град; R_y - гидравлический радиус условного отверстия истечения, являющегося проекцией действительного выпускного отверстия на плоскость *d-d*, перпендикулярную направлению движения струи насыпного материала, м; f - коэффициент трения насыпного материала. Приведенная формула действительна для отверстия большого размера, если $R_y \geq R_{кр}$.

Скорость бокового истечения при $R_y < R_{кр}$ рассчитывают по формуле

$$v = \lambda \sin\alpha \cdot \sqrt{2g\left(2{,}1R_y - \frac{3{,}4\tau_0}{\rho}\right)}. \tag{1.202}$$

На точность дозирования гравитационных устройств в немалой степени влияет сводообразование над выпускным отверстием бункера, что препятствует нормальной работе устройств.

Различают два *вида сводообразования* (рис. 1.53): крупнокусковых материалов, когда случайная комбинация в процессе истечения создает стойкий свод над отверстием; мелкофракционных материалов (зерновых и мучнистых продуктов), обладающих связностью частиц.



а) б)

Рисунок 1.53 - Сводообразование кормовых материалов:
а) кусковых;
б) связных

Репозиторий БГАТУ

Для легкосыпучих кусковых материалов размер выпускного отверстия $A \geq (3...6)a'$. Для связанных материалов гидравлический радиус наибольшего сводообразующего отверстия определяют по формуле $R_{св} = \tau_0(1+\sin\varphi)/\rho g$.

Во избежание сводообразования внутренняя поверхность стенок бункера в зоне выпускного отверстия выполняется гладкой, без выступающих кромок. Кроме того, для обеспечения гарантированного (без заторов) истечения дозируемого материала бункера в зоне выгрузной горловины оборудуют побудителями и активаторами.

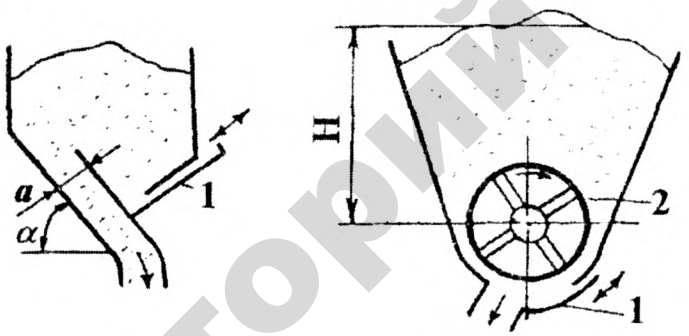
Основное средство предотвращения сводообразования - правильный выбор размеров Гравитационные дозаторы со свободным истечением материала (см. рис. 1.52, а) широко применяются в дозированной подаче зерновых материалов на измельчение.

Пропускная способность q(кг/с) гравитационного дозатора со свободным истечением материала определяется выражением:

$$q = ab\rho\lambda\sin\alpha\cdot\sqrt{2g\left(2{,}1R-\frac{3{,}4\tau_0}{\rho}\right)}, \qquad (1.203)$$

где a - толщина слоя, определяемая положением регулировочной заслонки, м; b - длина щели выпускного отверстия, м; α - угол наклона днища бункера к горизонту в зоне истечения, град.

Пропускная способность гравитационного дозатора с активатором определяется формулой $q = ab\rho\lambda\sqrt{3{,}2Rg}$ (рис. 1.54).



а) б)

Рисунок 1.54 - Схемы гравитационных дозаторов: а) - свободного истечения; б) - с активатором в зоне истечения; *1*- регулировочная заслонка; *2*- активатор

Потребляемая *мощность N привода активатора* определяется выражением

$$N = \frac{Pv_{окр}K_1K_2}{\eta}, \qquad (1.204)$$

где *P*- сила преодоления трения активатора о корм, Н; $v_{окр}$ - окружная скорость лопаток активатора, м/с; K_1 и K_1 - коэффициенты, соответственно сопротивления продукта и потерь на преодоление сопротивлений в системе привода активатора (K_1=1 для мелкого сыпучего продукта, K_1=2 для крупнозернистого; K_2=1,1…1,25 для легкоразламывающегося продукта); η - КПД привода.

Силу *P* можно представить как силу трения на поверхности рабочих лопаток активатора от действия массы корма. Тогда мощность на привод активатора можно определить по выражению

$$N = \frac{0{,}03D^2bH\rho nK_1K_2}{\eta}, \qquad (1.205)$$

где D - диаметр активатора, м; n - частота вращения активатора, мин$^{-1}$; H - высота уровня насыпного груза в бункере над активатором, м.

1. Дозатор *барабанного типа*(рис. 1.55) предназначен для дозирования сыпучих продуктов (комбикорм, мука, крупа).

Репозиторий БГАТУ

Особенностью конструкции этого дозатора является закрепленный в стальном корпусе, на валу, барабан 1, который составлен из отдельных звездочек 3, между которыми установлены диски 2, разделяющие его на четыре секции.

В зависимости от физических свойств компонентов применяют *барабаны* различной формы (рис. 1.56): *А* – для зерновых; *Б* – для мучнистых; *В* – для трудносыпучих; *Г* – для компонентов, входящих в рецепты в небольших количествах.

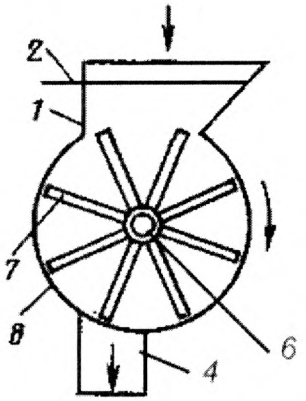


Рисунок 1.55 - Схема объемного дозатора кормов барабанного типа:
1 – бункер; 2 – заслонка с механизмом управления; 6 – вал привода барабана; 4 – выгрузной патрубок; 7 – барабан; 8 – корпус;

Технологическая схема подачи продукта в дозатор барабанного типа следующая. Компоненты поступают в приемную часть дозатора, где равномерно заполняют ячейки барабана. Вращаясь, продукт высыпается из них и выводится из дозатора. Дозатор считается простым и надёжным. *Недостатком* его является относительно низкая производительность.

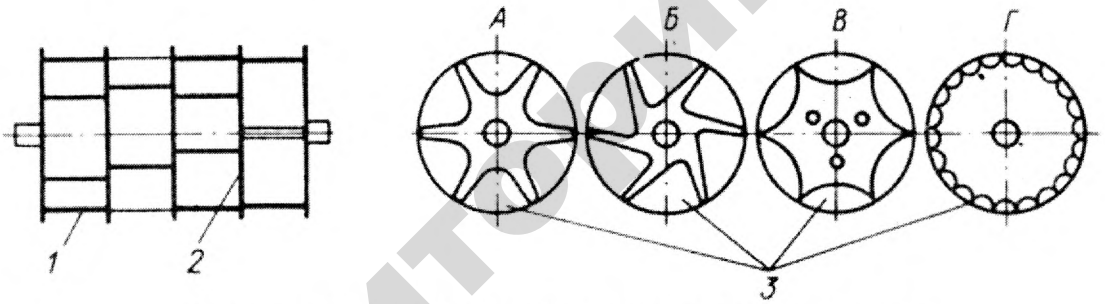


Рисунок 1.56 - Схема рабочего органа барабанного дозатора:
1 – барабан; 2 – дозирующий диск; 3– барабанны дозатора

Корм поступает в приемный патрубок, разрыхляется и поступает в карманы барабана. Барабан, вращаясь, сбрасывает корм в выходное отверстие. Частота вращения не должна превышать 30…40 мин$^{-1}$.

Производительность дозатора изменяется за счет изменения частоты вращения и геометрических параметров барабана и определяется по формуле

$$Q = \frac{\pi}{30} \omega z S_{ж} l_{ж} \rho \varphi \quad , \qquad (1.206)$$

где ω – угловая скорость барабана, с$^{-1}$; Z – число лопаток, шт; $S_{ж}$ – площадь поперечного сечения одного жёлоба, м^2; $l_{ж}$ – длина жёлоба, м; ρ – плотность корма, кг/м^3; φ – коэффициент заполнения ячеек (φ = 0,8…0,9).

Мощность на привод дозатора зависит от силы трения корма, захватываемого барабаном, о вышележащие слои корма. Сила трения при скольжении корма определяется по формуле

$$P_{тр} = P_{н} S_{ж} f = \frac{F_{тяж}}{S_{к}} S_{ж} f \quad , \qquad (1.207)$$

Репозиторий БГАТУ

где $P_н$– давление корма на поверхность барабана, Н/м^2; $S_{ж}$ – площадь поперечного сечения одного жёлоба, м^2; $S_к$– площадь поперечного сечения горловины бункера над барабаном, м^2; f – коэффициент трения корма о корм; $F_{тяж}$–сила тяжести корма, Н.

Мощность для привода барабана дозатора можно определить по формуле

$$N = \frac{P_{тр}\ \upsilon K_1 K_2}{1000\eta} = \frac{P_н S_{ж}\ f\upsilon\ K_1 K_2}{1000\eta}\ ,(1.208)$$

где υ – окружная скорость барабана, м/с; K_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление корма дроблению; для порошкообразных материалов K_1=1,0, для кусковых K_1 =2,0; K_2– коэффициент, учитывающий потери на трение рабочих органов дозатора (K_2= 1,1…1,2); η – КПД передачи.

Окружная скорость барабана:

$$\upsilon = \omega R_б\ ,(1.209)$$

где $R_б$ – радиус барабана, м.

2. *Тарельчатый дозатор* предназначен для дозирования соли влажностью 3…4 %., мела влажностью не более 6…8 % и других компонентов комбикормов Тарельчатые дозаторы отличаются высокой точностью и широким диапазоном регулирования производительности.

Работает дозатор следующим образом. Из приемного бункера компоненты поступают в цилиндр, высыпаются на тарель, а затем за каждый оборот с нее снимается с помощью ножа определенная порция материала, расположенная на тарели в виде кольца треугольного сечения, (рис. 1.57) и сбрасывается в самотечную трубу.

Теоретическая производительность дозатора определяется по формуле

$$Q = \frac{\pi h_i^2 n\rho\left(R + \dfrac{2h_i}{3tg\alpha_0}\right)}{2tg\alpha_0}, \qquad (1.210)$$

где h_i - i-я высота подъема цилиндра над тарелью, м; n- частота вращения тарели, с$^{-1}$; ρ - объемная масса дозируемого материала, кг/м^3; R- внутренний радиус цилиндра, м; α_0 - угол естественного откоса дозируемого материла, град.

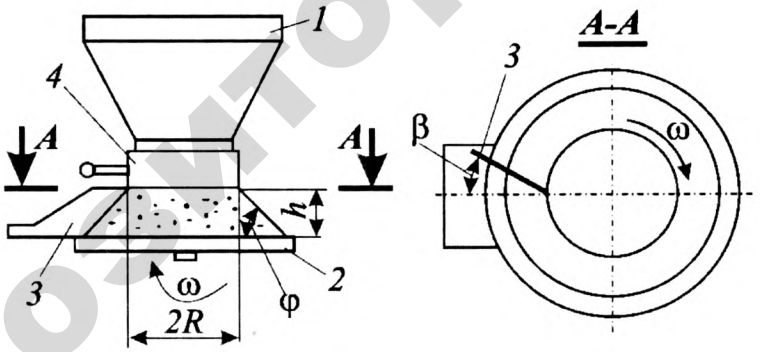


Рисунок 1.57 - Расчетная схема тарельчатого дозатора:
1 - корпус; *2*- тарель; *3* - нож; *4* - цилиндр

Мощность на привод дозатора определяется из соотношения

$$N = \frac{h_i^2 \rho g f \omega \pi \left[\left(R + \dfrac{2h_i}{3tg\alpha_0}\right)\left(1 + \cos\left(\dfrac{\beta}{2}\right)\right)\right] k_2}{2tg\alpha_0}, \qquad (1.211)$$

где ω - угловая скорость вращения тарели, с$^{-1}$; β - угол установки скребка (замерить на установке), град; f - коэффициента трения материала о скребок; k_2 - коэффициент, учитывающий другие сопротивления (k_2=1,5...2,0).

Предельная *угловая скорость* диска определяется из условия, что центробежная сила инерции должна быть меньше силы трения продукта о диск:

Репозиторий ВГАТУ

$$m\omega^2 R < m g f_1 \quad , \tag{1.212}$$

откуда

$$\omega \le \sqrt{\frac{g f_1}{r}}, \tag{1.213}$$

где R – радиус нижнего основания конуса материала, м; f_1 – коэффициент трения материала о диск.

Мощность на привод тарельчатого дозатора:

$$N = N_1 + N_2 + Nxx, \tag{1.214}$$

где N_1 – мощность на преодоление сопротивления корма от трения его о тарелку, кВт; N_2– мощность на преодоление сопротивления корма от трения его о скребок, кВт; Nxx – мощность, потребляемая дозатором в режиме холостого хода, кВт.

Мощность на преодоление сопротивления корма от трения о тарелку:

$$N_1 = F_{TP} V, \tag{1.215}$$

где F_{TP} – сила трения, возникающая при движении корма по тарелке, Н,

$$F_{TP}=mg, \tag{1.216}$$

Скорость движения корма по тарелке, м/с.

$$V = \omega R_0 = \frac{n \pi R_0}{30} = \omega \left(r + \frac{h}{3tg\alpha} \right). \tag{1.217}$$

Предельная частота вращения тарелки:

$$n_{np} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g f}{R + \frac{h}{tgj}}}, \tag{1.218}$$

гдеf – коэффициент трения о тарелку; φ – угол откоса дозирующего материала, град.

Мощность, расходуемая на преодоление трения корма о скребок:

$$N_2 = N_1 \cos \beta, \tag{1.219}$$

где β – угол установки скребка, град (при β =0, $N_1 = N_2$) .

Тогда:

$$N = F_{TP} V (1 + \cos \beta) N_{xx}, \tag{1.220}$$

3. *Винтовые дозаторы* применяют для подачи зернистых, мелкокусковых, порошкообразных и связанных материалов в тех случаях, когда некоторое доизмельчение дозируемого продукта не имеет практического значения. Они могут работать в горизонтальном и наклонном положениях. Отличаются постоянством подачи и надежностью выполнения технологического процесса.

По своему конструктивному исполнению винтовые дозаторы делятся на одновинтовые, спаренные, с каналом обратного хода, с постоянным и переменным шагом, горизонтальные и наклонные. Пропускную способность винтовых дозаторов регулируют частотой вращения и регулировочными заслонками в заборной или выгрузной части.

Пропускную способность q (кг/с) одновинтовых дозаторов определяют по выражению

$$q = \frac{\pi \left| (D + 2\delta)^2 - d^2 \right| S \rho n \varphi C}{4}, \tag{1.221}$$

где D - диаметр винта дозатора, м; δ - радиальный зазор между кромкой винта и внутренней поверхностью кожуха шнека, м; d -диаметр вала винта; м; S- шаг винта, м (S=0,8…1,0)·D; n – частота вращения винта, с$^{-1}$ (для подвижного материала находится в пределах 0,66...1,3 с$^{-1}$, для материалов пониженной подвижности n=0,33…0,66 с$^{-1}$); φ - коэффициент наполнения (φ=0,8…1,0); C - коэффициент, учитывающий снижение пропускной способности винтового дозатора от угла его наклона β к горизонту (при β=0°, C=1; β=30°, C=0,58; β=50°, C=0,48).

Пропускную способность многовинтовых дозаторов определяют по приведенной выше формуле с поправочным коэффициентом, кратным числу винтов в дозирующем механизме.

Потребляемая *мощность* N привода горизонтального и наклонного до 20° к горизонту винтового дозатора определяется формулой

Репозиторий БГАТУ

$$N = \frac{gq(Lk' + H)k''}{\eta}, \qquad (1.222)$$

где L - горизонтальная проекция пути перемещения груза, м; k' - коэффициент сопротивления перемещению материала в корпусе дозатора (для комбикормов k'=1,2; минеральных добавок k'=2,5; кусковых материалов k'=4); H - высота подъема груза, м; k'' - коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках (k''=1,1...1,2); η - КПД привода.

Для дозаторов с углом наклона к горизонту от 20° до 45° потребную мощность определяют с учетом поправочного коэффициента k (при β=25°, k=1,05;β=30°, k=1,13; β=45°, k=1,4).

Разновидностями винтовых дозаторов являются устройства с коническими шнеками или винтами переменного шага в заборной части дозатора. Винтовой дозатор с конической заборной частью (рис. 1.58) состоит из кожуха *4*с выгрузным патрубком *3*, накопительного бункера *1*с установленной в заборной зоне регулировочной заслонкой *2*, перекрывающей конический участок винта *5* таким образом, что поступающий из бункера материал попадает на участок, ограниченный размерами конуса от $d_{к\ max}$ до $d_к$. Таким образом, объем кормовых материалов, подаваемых на выгрузку при вращении винта, определяют разностью между объемом цилиндра с диаметром винта дозатора Dи объемом усеченного конуса с основаниями диаметров $d_к$ и $d_{к\ max}$ с равными высотами, соответствующими величине открытия заслонки.

Пропускную способность винтового дозатора с коническим рабочим органом определяют по выражению:

$$q = \frac{\pi\left[(D+2\delta)^2 - \frac{1}{3}\left(d_{к.\max}^2 + d_к^2 + d_{к.\max} d_к\right)\right] S_к \rho n \varphi C}{4}, \qquad (1.223)$$

где $d_{к\ max}$ - диаметр основания конуса винта, м; $d_к$ - диаметр конусной части винта, погруженной в зону насыпного груза, ограниченную положением регулировочной заслонки, м; $S_к$ - длина рабочей части конусного винта, находящегося в насыпном грузе, м.

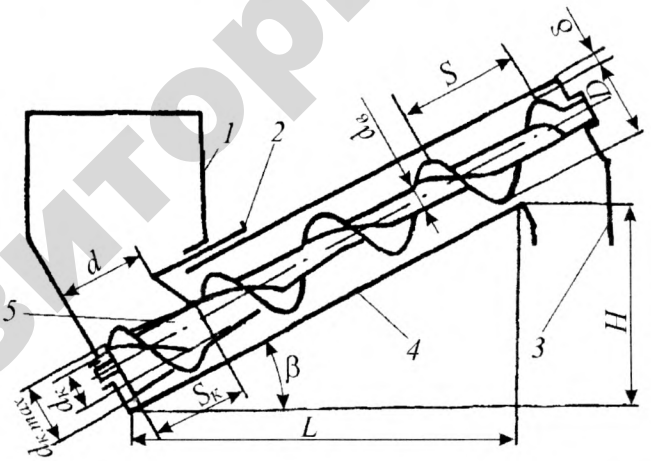


Рисунок 1.58 - Схема винтового дозатора с коническим рабочим органом

4. *Ленточные дозаторы* (рис. 1.59) применяются для дозирования плохосыпучих, а также влажных и слежавшихся материалов. Ленту *1* очищают от налипания специальным скребком. Дозатор можно устанавливать горизонтально или наклонно. Верхняя ветвь ленты лежит на опорных роликах или скользит по неподвижному металлическому настилу, а нижняя свободно провисает между барабанами. Вдоль ленты установлены борта, создающие желоб, по которому движется подаваемый из бункера материал. Бункер устроен так, что на ленту не передается давление столба корма. Слой корма на ленте *1* регулируют по высоте заслонкой *2*. Скорость ленты дозатора - 0,1…0,5 м/с.

Репозиторий БГАТУ

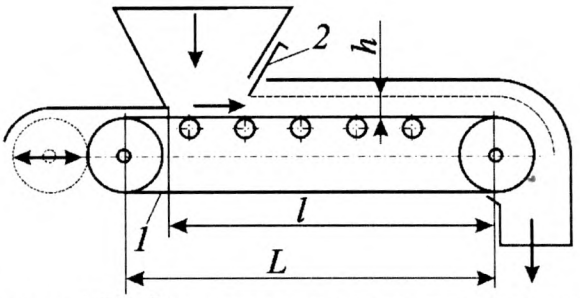


Рисунок 1.59 - Расчетная схема ленточного дозатора

Пропускную способность ленточного дозатора определяют выражением

$$q = bhv\rho\varphi, \tag{1.224}$$

где b - ширина ленты, м; h - толщина дозируемого слоя, м; v - скорость ленты, м/с; ρ - объемная масса материала, кг/м^3; φ - коэффициент заполнения желоба (φ=0,75…0,8).

Мощность на привод$N_{пр}$ определяют по формуле

$$N_{пр} = N_1 + N_2, \tag{1.225}$$

где N_1 - мощность на подачу материала, Вт; N_2 - мощность на преодоление трения материала о стенки желоба, Вт.

Значение N_1 определяют по формуле

$$N_1 = qg(0{,}2L + H)k_б, \tag{1.226}$$

где L - длина дозатора между осями барабанов, м; H - высота подъема продукта, м; $k_б$=1,2 - коэффициент, учитывающий сопротивление барабанов перегибу ленты и др.

Мощность N_2 определяют по формуле

$$N_2 = gh^2 l\rho f k_n v, \tag{1.227}$$

где l - длина бортов, м; f - коэффициент трения корма о борт; k_n - коэффициент подвижности материала

$$k_n = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'}, \tag{1.228}$$

где φ' - угол естественного откоса при движении, град.

5. Объемный порционный дозатор для сыпучих кормов (рис. 1.60). Такие дозаторы, как правило, устанавливают под бункером. При открытии заслонки 2 корм из бункера 1 поступает в полость дозатора 3. Когда корм заполнит полость 3, заслонку 2 закрывают. При открытии заслонки 4 заданная порция корма поступает в смеситель.

Производительность дозатора определяется по формуле:

$$Q = \frac{V_p}{t_{выд}}, \tag{1.229}$$

где V – объем полости дозатора, м^3; $t_{выд}$ – время выдачи одной порции($t_{выд}$ =30…120 с).

Подобного вида дозаторы (шнековые, тарельчатые) могут дозировать также измельченные корнеплоды.

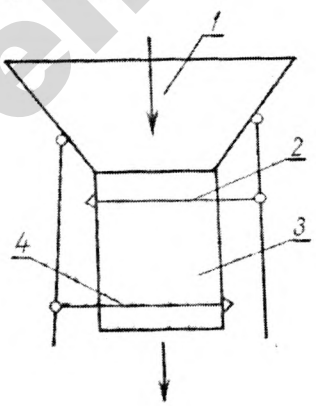
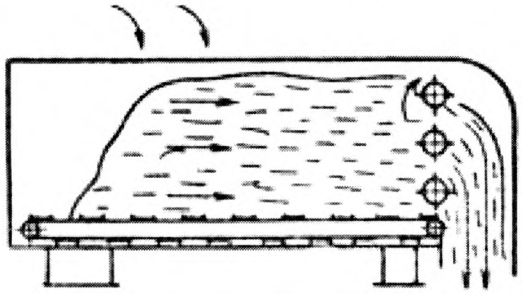


Рисунок 1.60 - Объемный порционный дозатор:
1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – полость дозатора; 4 – выпускная заслонка

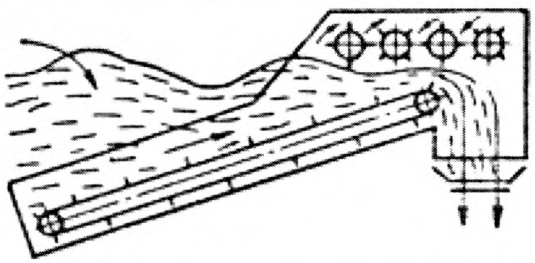
Репозиторий БГАТУ

6. Наиболее трудно дозировать силос, сено, измельченные грубые корма (не измельченные вообще не поддаются дозированию). В качестве питателей-дозаторов для накопления и дозированной подачи стебельчатых материалов в технологических линиях кормоприготовления применяют *цепочно-планчатые питатели с битерными устройствами* различного конструктивного исполнения (рис. 1.61).

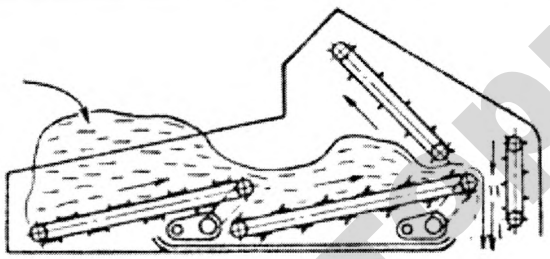
Различаются следующие *конструкции*:



горизонтальный с вертикальным расположением битеров



наклонный с горизонтальным расположением битеров



ступенчатый со счесывающим планчатым конвейером

Рисунок 1.61 - Цепочно-планчатые питатели с битерными устройствами

Технологический процесс дозированной подачи стебельчатых и других связных кормов происходит следующим образом. Находящийся в бункере питателя-дозатора монолит кормового материала подается цепочно-планчатым конвейером к счесывающему устройству, состоящему из битеров. Штифты вращающихся битеров счесывают соприкасающийся с ними материал и выгружают на поперечный конвейер или подают непосредственно в технологическую линию сбора и смешивания компонентов приготовляемого корма.

В любом случае пропускная способность битерной системы должна несколько превышать пропускную способность питателя, обеспечивающего подачу кормов к битерам. При этом условии система обеспечивает дозированную выдачу связных кормовых материалов с допустимыми отклонениями.

Для повышения точности дозирования стебельчатых кормов нередко применяют двухстадийную систему, состоящую из питателей-дозаторов битерного типа и выравнивающего устройства, которое обеспечивает сглаживание поступающего от питателя кормового потока и автоматическое управление его работой.

По мере уменьшения объема кормовой массы в бункере начинается сдвиг, а затем обрушение верхних слоев массы. Количество выдаваемого корма при этом резко уменьшается и составляет 60…70 % нормы установленной выдачи.

Технологический процесс дозированной подачи стебельных и других связных кормов происходит следующим образом. Находящийся в бункере питателе-дозаторе монолит кормово-

Репозиторий БГАТУ

го материала (рис. 1.61) подается цепочно-планчатым конвейером *1* к счесывающему устройству, состоящему из битеров *3*. Штифты вращающихся битеров счесывают соприкасающийся с ними материал и выгружают на поперечный конвейер *2* или подают непосредственно в технологическую линию сбора и смешивания компонентов приготавливаемого корма.

В любом случае пропускная способность поперечного конвейера должна несколько превышать пропускную способность битерной системы, а последняя - *пропускную способность* подающего конвейера, то есть:

$$Q_{пк} \geq Q_б \geq Q_п, \tag{1.230}$$

где $Q_{пк}, Q_б, Q_п$ - производительность, соответственно, поперечного конвейера, битерной системы, подающего конвейера, кг/с.

Раскроем приведенное выше соотношение для подачи и получим:

$$bh_к v_1 \rho_1 k_n k_m \geq \sum_{i=1}^{n} b_б h_б S_n \rho \omega k_n k_н \geq BHv_n k_0, \tag{1.231}$$

где b, $h_к$ - соответственно ширина поперечного конвейера и высота кормовой массы на нем, м; v_1, v_n - скорость движения соответственно поперечного и подающего конвейеров, м/с; ρ_1, ρ - насыпная объемная масса материала соответственно на поперечном конвейере и в бункере, кг/м^3; k_n - коэффициент, учитывающий снижение скорости корма за счет проскальзывания (k_n=0,5…0,9); k_m - коэффициент, учитывающий потери полезного объема желоба за счет выступов на поперечных транспортерах (k_m=0,95…0,98); $b_б$ - ширина захвата битеров, м; S_n - шаг установки пальцев на битере, м; ω - угловая скорость битера, с$^{-1}$; $k_н$=0,5…0,9 - коэффициент, учитывающий неравномерность поступления кормовой массы к пальцу битера; Bи H - соответственно ширина бункера и высота кормового бурта в нем, м; k_0=0,94…0,96 - коэффициент, учитывающий отставание корма в бункере от продольного конвейера; $h_б$ - высота пальцев битера, м.

Для повышения точности дозирования стебельных кормов нередко применяют двухстадийную систему, состоящую из питателей-дозаторов битерного типа и выравнивающего устройства, которое обеспечивает сглаживание поступающего от питателя кормового потока и автоматическое управление его работой.

Скорость движения конвейера *1* (рис. 1.62) регулируют храповым механизмом или вариатором. Особенностью рассматриваемых устройств является зависимость подачи дозируемого корма от заполнения бункера-накопителя. В начальный период работы, когда кормовая масса еще не сформировалась у битеров и режим их работы не стабилизировался, темп подачи материала значительно отстает от нормы. При установившемся режиме количество выдаваемого корма в единицу времени и точность дозирования соответствуют расчетным показателям. По мере уменьшения объема кормовой массы в бункере начинается сдвиг, а затем обрушение верхних слоев массы. Количество выдаваемого корма при этом резко уменьшается и составляет 60…70% от установленной нормы выдачи.

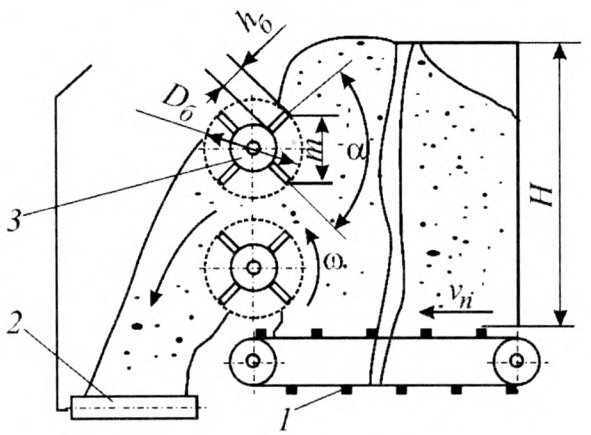


Рисунок 1.62 - Схема дозатора стебельных кормов

Репозиторий БГАТУ

Для избежания нарушения нормы выдачи дозируемых кормов, особенно в условиях их непрерывного дозирования и смешивания, постоянно следят за уровнем кормов в бункере и дополняют его по мере опорожнения или оснащают питатели-дозаторы дополнительными устройствами, обеспечивающими стабильность геометрической формы обрабатываемого битерами монолита кормового материала.

Равномерность выдачи связана с битерами, конструктивные и кинематические параметры которых влияют на количество захватываемого каждой гребенкой корма и формирование выгружаемого валка массы на сборном или выгрузном конвейере.

Битер, являющийся ротационным рабочим органом, разрыхляет определенный слой массы, отделяет его от монолита и перебрасывает создаваемой центробежной силой на поперечный конвейер. При этом гребенки битера отбирают из массы корма слой, которой равен по высоте хорде m центрального угла α_1 между двумя радиусами, опущенными в точку вхождения гребенки в массу и точку выхода ее из массы. Минимальные затраты энергии в этом случае происходят в момент, когда с массой соприкасается только одна гребенка. При этом $\alpha_1 = 2\arcsin(m/D_б)$, а оптимальное число гребенок битера составит

$$z = \frac{360^\circ}{\alpha_1} = \frac{180^\circ}{\arcsin\left(\frac{m}{D_б}\right)}, \tag{1.232}$$

где α_1 - центральный угол, определяющий величину слоя, отбираемого гребенкой, град; m - высота отбираемого слоя, м; $D_б$ - диаметр битера, м; z - число гребенок битера.

Критерием выбора оптимальной частоты вращения битера служат два фактора: необходимая пропускная способность и дальность отбрасывания отделяемой массы корма.

Взаимодействие штифтов битера, образующих гребенку, с кормовой массой представляет собой разрушение связного материала в условиях ограничения бокового расширения.. Поскольку это взаимодействие происходит по дуге, длина которой в сравнении с общей высотой корма в бункере незначительна, то для расчетов с достаточной мерой точности участок взаимодействия штифтов битера с массой можно принять за прямолинейный. Перемещение массы в бункере за время взаимодействия шрифтов битера с кормом невелико. Поэтому можно условно принять, что штифты битера взаимодействуют с неподвижным связным материалом.

С учетом изложенного *частоту вращения битера* определяют по формуле

$$n_б = \frac{30Hv_n k_0 k_p k_з}{D_б^2 \sin^2\left(\frac{\alpha_1 z}{2}\right) \cdot sek^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)}, \tag{1.233}$$

где k_p - степень разрыхления корма (k_p=0,6…0,7); $k_з$ - коэффициент заполнения бункера ($k_з$=0,8…0,9); φ - угол внутреннего трения корма, град.

Потребляемая мощность привода битера $N_б$ (кВт) определяется по выражению

$$N_б = \frac{0{,}785 b_б D_б P_{уд} v_б}{10{,}2}, \tag{1.234}$$

где $P_{уд}$ - удельное усилие счесывания битерами, определяемое экспериментально, Н/м^2 (для предварительных расчетов при дозировании силоса можно принять значение $P_{уд}$=450…480 Н/м^2); $v_б$ - окружная скорость штифтов битера, м/с.

Мощность на привод подающего конвейера $N_к$ определяется по формуле

$$N_к = \frac{k_1 P v_n}{\eta}, \tag{1.235}$$

где k_1 =1,1 - коэффициент, учитывающий потери на приводной звездочке; P - усилие сопротивления на приводной звездочке, Н; η - КПД передаточного механизма.

Усилие сопротивления на приводной звездочке можно определить по выражению

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5, \tag{1.236}$$

где P_1 - усилие сопротивления трению корма о днище бункера, Н, $P_1 = BHL\rho g f_1 \cos\alpha$; P_2- усилие сопротивления трению корма о боковые стенки бункера, Н, $P_2 = H^2 \varepsilon L g f_1 \rho \cos\alpha$; P_3 - уси-

Репозиторий БГАТУ

лие сопротивления подъему корма, Н, $P_3 = BHLg\rho\sin\alpha$; P_4- усилие сопротивления перемещению цепи, Н, $P_4 = 2g_ц L_1 k_ц \cos\alpha$; P_5 - усилие сопротивления натяжной звездочки, Н, $P_5 \approx 0{,}25 \cdot P_4$; L - длина бункера, м; f_1 - коэффициент трения корма о дно бункера; α - угол наклона подающего транспортера, град; ε - коэффициент бокового давления; H_1 - высота подъема корма, м; $g_ц$ - вес единицы длины цепи с планками, Н/м; L_1 - расстояние между осями звездочек, м; $k_ц$=0,25…0,3 - коэффициент сопротивления движению цепи по дну бункера.

1.6 Механизация смешивания кормов

1.6.1 Оценка качества смешивания и виды смесителей кормов

Необходимость приготовления кормовых смесей определяется тем, что ни в одном виде корма нет полного набора питательных веществ. Скармливание полнорационных смесей повышает продуктивность животных на 25…30 % при сокращении сроков откорма на 15÷20 %. Снижается также и расход кормов. Использование же для кормления животных неоднородных по своему составу смесей значительно снижает их продуктивное действие.

Смешиванием называется технологический процесс перемещения частиц материала, в результате которого в любом объеме смеси будет содержаться заданное количество ее составляющих. Кроме того, перемешивание кормов применяют для интенсификации процессов тепло- и массообмена. Машины, в которых происходит процесс смешивания, называются смесителями, а их рабочие органы – мешалками.

В динамике – смешивание это совокупность процессов направленного формирования однородных по составу, плотности и физико-механическим свойствам систем из набора требуемых компонентов. Иногда смешивание совмещают с измельчением компонентов.

В зависимости от вида и способа содержания животных или птиц, принятого типа кормления, а также наличия кормов в хозяйстве, кормовые смеси готовят разной консистенции:

– сухие (комбикорма и кормосмеси) – влажность W=13…15 %;

– влажные рассыпные W=45…70 %;

– жидкие (текучие) W=75…85 %.

При периодическом смешивании в смеситель поступает набор компонентов и в процессе смешивания происходит:

1. Перемещение группы смежных частиц из одного места смеси в другое внедрением или скольжением слоев и постепенное перераспределение частиц различных компонентов через вновь образованные границы их раздела. В этом случае частицы при смешивании равномерно распределяются в смеси.

В начале процесса качество смеси улучшается в основном в результате перемещения частиц из одного места смеси в другое внедрением или скольжением слоев. Скорость процесса смешивания практически не зависит от физико-механических свойств компонентов, т. к. процесс идет на уровне больших объемов. Наиболее важную роль в это время играет конструкция смесителя, придающая смеси определенный характер движения;

2. Сосредоточение частиц, имеющих близкие размеры, форму, массу в разных местах смесителя под действием сил тяжести (гравитационных сил). В этой фазе на эффективность смешивания начинают влиять плотность, форма и характер поверхности частиц, гранулометрический состав, влажность компонента, его сыпучесть. Чем ближе по своим свойствам компоненты, тем эффективнее процесс их смешивания. Чем больше различие в физико-механических свойствах смешиваемых компонентов, тем этот процесс продолжительнее.

При большом числе компонентов доля каждого из них уменьшается, а продолжительность процесса увеличивается.

Последний процесс препятствует равномерному распределению частиц.

При непрерывном смешивании поступление компонентов, их смешивание и выдача готовой смеси происходят непрерывно. Качество готовой смеси, получаемой в этих смесителях, зависит не только от их конструкции, но и от равномерности дозирования компонентов. Поэтому смеситель не только должен хорошо перемешивать компоненты, но и сглаживать пульсацию их подачи.

Репозиторий БГАТУ

В таких случаях кроме поперечного, должно обязательно быть и продольное перемещение, создаваемое обычно лопастями, которые способны перемещать компоненты, как в направлении движения, так и частично обратно.

Эффективность смешивания оценивается степенью неоднородности смеси:

$$Q = \frac{100}{B_t}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(B_t - B_0)^2}{n-1}}, \quad (1.237)$$

где B_t– доля меньшего компонента в пробе; B_0 – доля меньшего компонента в идеальной (расчетной) смеси; n – число проб.

Однородной считают такую смесь, в которой в любом малом объеме соотношение компонентов соответствует соотношению компонентов в целом для смеси. Если $Q > 30$ % – смеситель работает плохо. При идеальном смешивании $Ci = C_0$, поэтому $Q = 0$.

Качественной характеристикой процесса смешивания является неравномерность (неоднородность) смеси, оцениваемая посредством коэффициента вариаций C_x контролируемого или контрольного компонента, вводимых в количестве 1 % к массе всей смеси. Для подсчета коэффициента вариации контролируемого или контрольного компонента, отбирают 15…20 проб через равные промежутки времени при выгрузке готовой смеси смесителем непрерывного действия либо из всего объема смеси в порционном смесителе. Масса пробы для комбикормовых смесей должна составлять:

– 5 г, влажных и жидких смесей для свиней;

–100 г сухих смесей и для крупного рогатого скота;

– 300 г. влажных смесей для крупного рогатого скота

Для смесителей *непрерывного действия* неравномерность (неоднородность) смеси, определяется по формулам:

– среднеарифметическая концентрация контрольного компонента

$$X = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (1.238)$$

где x_i– концентрация контролируемого или контрольного компонента в пробах (весовая, относительная, количество единиц); n – число отобранных проб.

– показатель изменчивости процесса

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x)^2}{n-1}}, \quad (1.239)$$

– коэффициент вариаций

$$C_X = \frac{\sigma_x}{x}100\%. \quad (1.240)$$

Для смесителей *периодического действия* более объективную оценку дает расчет показателей и C_x по формулам, где вместо среднего по всем пробам значения контрольного компонента применяется расчетное (теоретически ожидаемое) количество этого компонента в каждой пробе X_p:

– показатель изменчивости процесса

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_p)^2}{n-1}}, \quad (1.241)$$

– коэффициент вариаций

$$C_X = \frac{\sigma_x}{x_p}100\%. \quad (1.242)$$

Однородность смеси θ связана с неоднородностью соотношением

$$\theta = 100 - C_x, \%. \quad (1.243)$$

Репозиторий ВГАТУ

Чем меньше C_x и чем больше θ, тем равномернее смесь, что характеризует эффективность работы смесителей. Подсчитанное значение однородности смеси не должно превышать зоотехнические нормы.

Независимо от типов смесителей и их конструктивных особенностей, в процессе смешивания обнаруживаются некоторые общие свойства показателей изменчивости $\sigma(t)$ и $C_x(t)$, а именно – по мере увеличения продолжительности смешивания в порционных смесителях и рабочей длины смесителей непрерывного действия уменьшение названных показателей идентично и приближается к некоторому пределу. Увеличение времени смешивания или длины смесителя не улучшает равномерности распределения компонентов.

В соответствии с зоотехническими требованиями неравномерность смешивания при приготовлении кормосмесей крупному рогатому скоту должна быть не более 20 %, а при вводе кормовых добавок – не более 10 %.

Применяемые в настоящее время смесители для подготовки кормовых смесей можно классифицировать следующим.

По характеру процесса различают смесители:

– порционного (периодического) действия (рис. 1.63);

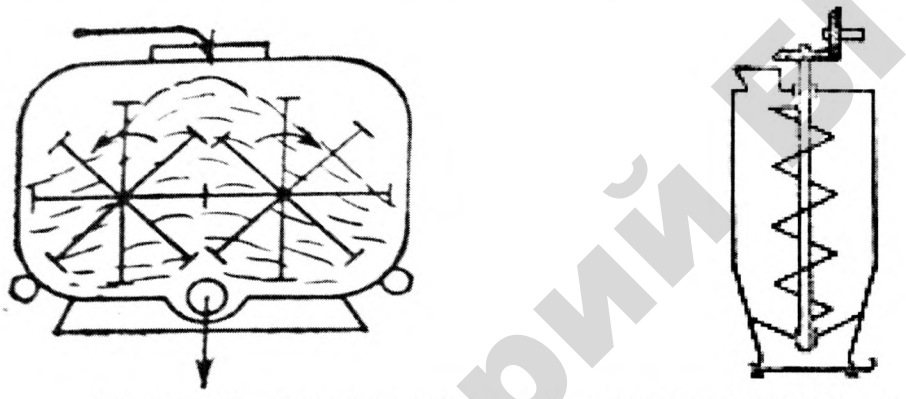


Рисунок1.63 - Смесители: порционного (периодического) действия

– непрерывного действия (рис. 1.64).

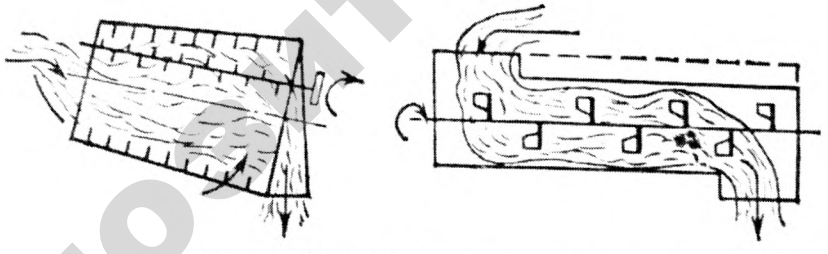


Рисунок 1.64 - Смесители: непрерывного действия

По основному производственному назначению, в зависимости от вида смешиваемых кормов смесители могут быть предназначены для:

– приготовления сухих сыпучих (комбикормов),

– рассыпных влажных

– жидких (консистентных) кормов.

По конструкции рабочих органов (мешалок) применяют смесители:

– для сыпучих кормов (рис. 1.65);

– для жидких (рис. 1.66)

– для рассыпных влажных (стебельных) кормов – шнековые и лопастные.

В зависимости от частоты вращения мешалок смесители делят на:

– тихоходные, у которых показатель кинематического режима $K = (\omega^2 R/ g) < 30$ (здесь ω – угловая скорость, $с^{-1}$; R – радиус вращения мешалки, м),

Репозиторий БГАТУ

– и быстроходные, у которых K>30.

По числу мешалок смесители делят на одно- и двухвальные.

шнековые лопастные ленточные

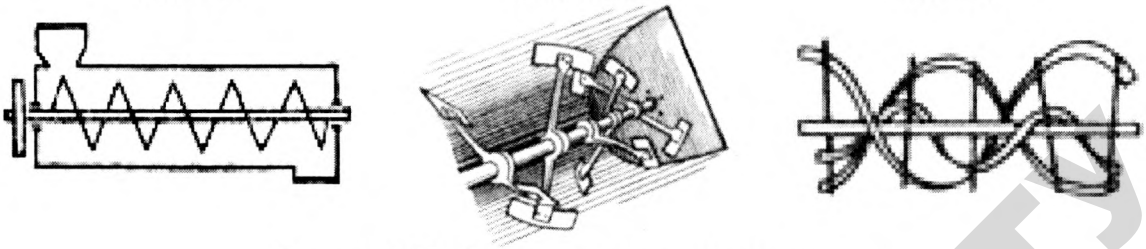


Рисунок 1.65 - Смесители: для сыпучих кормов

По расположению рабочей камеры:
– вертикальные;
– горизонтальные;
– наклонные или планетарные.

турбинные пропеллерные лопастные;

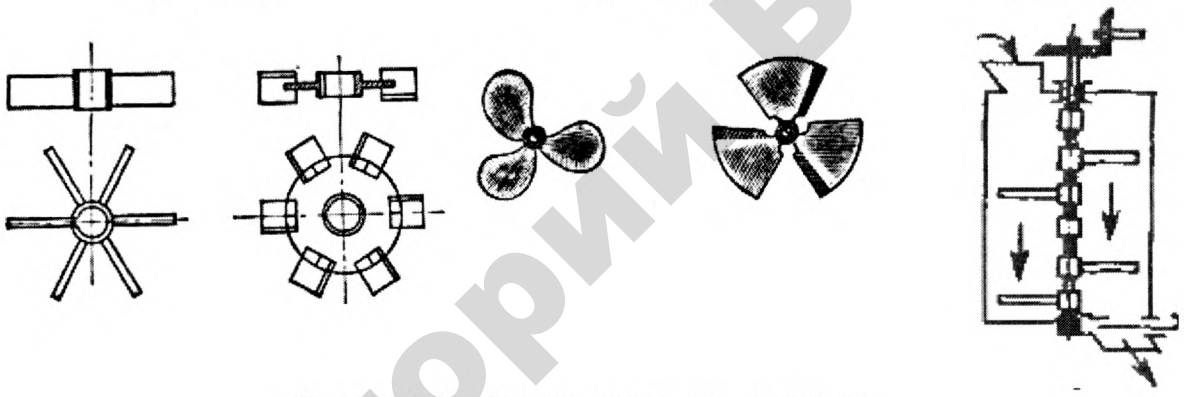


Рисунок 1.66 - Смесители: для жидких кормов

Для приготовления влажных кормовых смесей из стебельных кормов и корнеклубнеплодов применяются преимущественно тихоходные, горизонтальные одно- или двухвальные лопастные смесители порционного действия.

Жидкие компоненты смешивают, как правило, механическим способом в аппаратах с мешалками. Но в ряде случаев применяют циркуляцию насосом или пневматическое перемешивание.

Для механического способа применяют тихоходные лопастные мешалки или быстроходные – турбинные и пропеллерные. *Лопастные мешалки* используют для перемешивания в малых объемах жидкостей большой вязкости, пропеллерные – для жидкостей малой вязкости. *Турбинные мешалки* допускают широкий диапазон вязкостей.

К *конструкции и режимам рабочих органов* смесителей предъявляются *требования*:
– исключение застойных зон и сепарации смеси по гранулометрическому составу,
– обеспечение быстрой загрузки компонентов и выгрузки кормосмеси.

1.6.2 Расчет параметров смесителей

Шнековые смесители кормов предназначены для приготовления смеси из всех видов кормов, кроме жидких, хотя в незначительных количествах жидкие добавки допускаются, и состоят из загрузочной камеры, кожуха, шнека, выгрузной воронки и механизма привода.

Рабочий процесс сводится к тому, что непрерывно подаваемые в загрузочную камеру компоненты подвергаются интенсивному воздействию вращающегося внутри круглого кожуха

Репозиторий БГАТУ

шнека. В результате корма расслаиваются, отдельные слои получают различные окружные скорости, пересыпаются один относительно другого и выгружаются, постепенно передвигаясь к выгрузному окну.

Технологический расчет смесителей предусматривает определение подачи и мощности, необходимой для его привода, а также конструктивных параметров: размеров емкости и рабочих органов и частоту вращения шнека.

Теоретическая подача

$$Q_T = \upsilon_0 F \rho \varphi_H \text{ ,(1.244)}$$

где υ_o – осевая скорость движения массы корма, м/с; F – площадь поперечного сечения шнека, м^2; ρ – объемная масса, кг/м^3; $\varphi_н$ – коэффициент заполнения сечения шнека транспортируемой массой (для горизонтальных шнеков $\varphi_н$ = 0,3…0,4, для вертикальных – $\varphi_н$ = 0,7…0,8).

Для горизонтального шнека непрерывного действия эта формула будет иметь вид

$$Q_T = \frac{\pi(D^2 - d^2)Sn_c\rho\varphi_H}{4}, \quad (1.245)$$

где D и d – диаметры шнека и его вала, м; S – шаг винта, м; n_c – частота вращения, мин$^{-1}$.

Заменяя n_c ее значением, получим:

$$Q_T = \frac{(D^2 - d^2)S\omega\rho\varphi_H}{8}. \quad (1.246)$$

При перемещении зернистых или пастообразных материалов осевая скорость будет значительно ниже теоретической, так как материал частично вращается вместе со шнеком. Это вызывает расслоение части потока и отставание некоторых частиц от массы, движущейся с максимально возможной скоростью:

$$\upsilon_{omax} = r\omega tg\,\alpha, \quad (1.247)$$

где α – угол подъема винтовой линии, град.

Минимальная осевая скорость:

$$\upsilon_{0\min} = r\omega\sin\alpha(\cos\alpha - f\sin\alpha) \text{ ,(1.248)}$$

где f – коэффициент трения.

При этом минимальная подача горизонтального шнека:

$$Q_{\min} = 0,25\pi(D^2 - d^2)\omega r_c \sin\alpha_c(\cos\alpha_c - f\sin\alpha_c). \quad (1.249)$$

Действительная подача одношнековых смесителей будет лежать в пределах Q_{max} и Q_{min}. Подача двух- и многошнековых смесителей:

$$Q_Д = z\varphi_1 Q_{расч}, \quad (1.250)$$

где z – число шнеков, шт; φ_1 – коэффициент, учитывающий перекрытие рабочими деталями свободного сечения шнека; $Q_{расч}$ – подача, найденная по формулам (1.249) или (1.250).

Мощность, потребная для привода шнековых смесителей:

– горизонтального

$$N_{шт} = 0,01kQL, \quad (1.251)$$

– вертикального

$$N_{шт} = 0,01QL, \quad (1.252)$$

где k —приведенный коэффициент сопротивления движению корма по кожуху шнека (для зерна и комбикормов k = 1,2; соли k = 2,5; корнеплодов k = 8…10).

При расчете шнекового смесителя периодического действия пропускная способность смесителя определяется по формуле:

$$Q = M\left(\frac{60}{T_ц}\right), \quad (1.253)$$

где M – масса порции, загружаемая в смеситель, кг; $T_ц$– время цикла, ч:

$$T_ц = T_{загр} + T_{см} + T_{разгр}., \quad (1.254)$$

Репозиторий БГАТУ

Уменьшая $T_ц$ возрастает производительность. Обычно $T_{см}$= 5…8 мин,$T_ц$ = 15…12 мин.

Полный объем смесительной камеры равен:

$$V = \frac{M}{\varphi\rho}, \tag{1.255}$$

где φ – коэффициент использования объема, φ= 0,8…0,85; ρ – плотность корма, кг/м^3.

Задавшись величиной диаметра D, определим H из соотношения

$$\frac{H}{D} = 2...2{,}5\,. \tag{1.256}$$

Диаметр вала шнека d =(0,25…0, 35) D.

Шнек в процессе работы должен неоднократно перебрасывать массу вверх. Исходя из кратности перебрасывания материала $k_п$и его массы, определим требуемую часовую *производительность шнекаМ*:

$$Q = Mk_n\left(\frac{60}{T_ц}\right), \tag{1.257}$$

где $k_п$– кратность перебрасывания материала, $k_п$ =6…10.

*Лопастные смесители*бывают периодического и непрерывного действия и пригодны как для приготовления жидких, а так и густых кашеобразных смесей. В смесителях компоненты перемешиваются горизонтальными, вертикальными или наклонными лопастями, вращающимися вокруг вертикального или горизонтального вала (рис. 1.66).

Лопасти своими лобовыми поверхностями устанавливаются перпендикулярно или наклонно направлению движения.

Смеситель *непрерывного действия заполняется* кормом на 30 %. Для обеспечения высокого качества смешивания ингредиентов скорость лопастей должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы отдельные слои корма, движущиеся с различными окружными скоростями, не подбрасывались, а постепенно пересыпались один относительно другого.

Лопастные смесители. *Подачу горизонтального лопастного смесителя* непрерывного действия определяют по формуле:

$$q_л = \frac{D^2 S\omega\rho\varphi_н}{8}, \tag{1.258}$$

где D- диаметр вращения лопастей, м; S - шаг лопастей, м; ω - угловая скорость лопастей, с$^{-1}$; ρ - насыпная объемная масса смешиваемых кормов, кг/м^3; $\varphi_н$ - коэффициент заполнения емкости ($\varphi_н$=0,3).

Для лопастных смесителей порционного действия допускают загрузку до $\varphi_н$=0,8 их объема для влажных и $\varphi_н$=0,7 для густых увлажненных кормов.

Скорость вращения лопастей находят из условия, что центробежная сила $m\omega^2R_л$ не должна превышать силы тяжести этой частицы, иначе она сойдет с лопасти и выйдет из активного процесса перемешивания.

При $m\omega^2R_л \le fmg$ максимально допустимая угловая скорость лопастной мешалки определится из формулы

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{fg}{R_л}}, \tag{1.259}$$

где $R_л$ - наибольший радиус вращения лопасти, м.

Мощность $N_л$ для привода лопастного смесителя определяют с учетом действующих на лопасти сопротивлений.

Рассмотрим схему сил, действующих в плоскости, перпендикулярной к оси вала мешалки, когда лопасть погружена в перемешиваемый корм (рис. 1.67).

На лопасть действует равнодействующая Rвсех сопротивлений, отклоненная от нормали N на угол трения φ. Для преодоления этой равнодействующей необходимо приложить со стороны лопасти равное R, но противоположное по направлению усилие P.

Репозиторий ВГАТУ

Нормальную составляющую P_n этого усилия разложим по направлениям окружной и осевой скоростей, в результате чего получим усилия P_p, сообщающие частицам вращательное движение, и P_o, перемещающее эти частицы в осевом направлении. При этом

$$P_p = P_n \cos\alpha \text{ и } P_0' = P_n \sin\alpha, \tag{1.260}$$

где α - угол наклона лопасти к оси вращения вала мешалки, град.

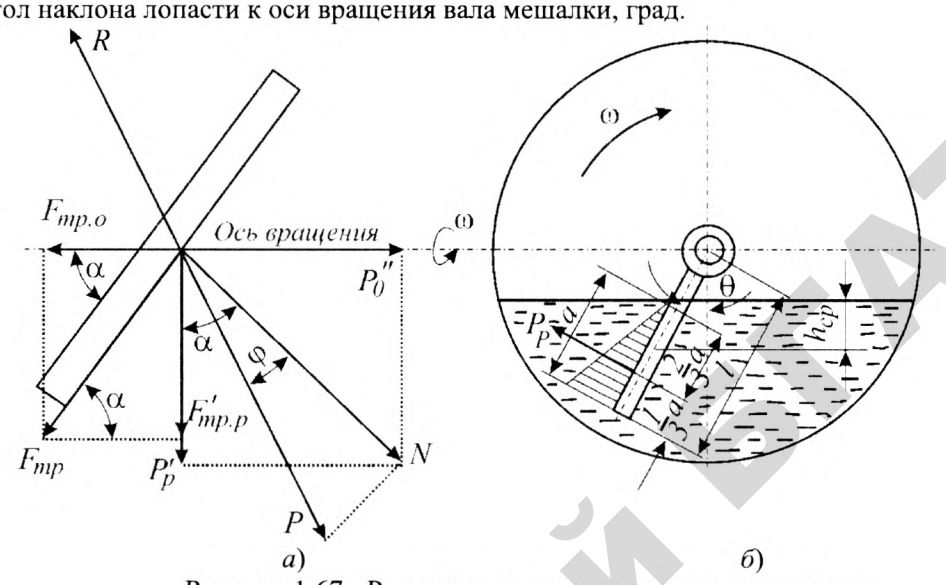


Рисунок 1.67 - Расчетные схемы лопастного смесителя:
а) схема действующих сил; б) конструктивные размеры

Кроме того, под действием нормальной составляющей равнодействующей Rв плоскости движения частиц по лопасти возникает сила трения $F_{тр}=fP_n$, направленная против относительного движения частиц по лопасти.

Разложим силу трения $F_{тр}$ на окружную и осевую составляющие:

$$F'_{ТР.Р} = F'_{ТР.Р}\sin\alpha = fP_n\sin\alpha,\ F'_{ТР.О} = F_{ТР}\cos\alpha = fP_n\cos\alpha, \tag{1.261}$$

где f - коэффициент трения.

Суммируя полученные векторы по направлениям, получим значения окружного усилия $P_p = P'_p + F'_{ТР.Р} = P_n(\cos\alpha + f\sin\alpha)$; осевого усилия $P_0 = P_0' - F'_{ТР.О} = P_n(\sin\alpha - f\cos\alpha)$.

При движении погруженной в материал лопасти сопротивления вдоль нее распределяются по закону треугольника (рис. 1.67, б) и точка приложения равнодействующей силы Rнаходится в центре тяжести этого треугольника, то есть на расстоянии двух третей длины лопасти погруженной в корм. При не полностью заполненной емкости и при вращении лопасти глубина ее погружения является величиной переменной. С учетом этого нормальная составляющая сил сопротивлений определится по формуле

$$P_n = \rho g h_{ср} F_л tg^2\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right), \tag{1.262}$$

где $h_{ср}$ - средняя глубина равная наибольшей глубины погружения лопасти, м; $F_л$ - проекция площади лопасти, погруженной в материал, на направление вращения, м^2; φ - угол внутреннего трения материала, град.

Косо поставленные лопасти в смесителе действуют подобно шнеку и сообщают перемешиваемой массе корма окружную (вращательную) $v_{ср}$ и осевую v_0 скорости. Значение окружной скорости можно определить по формуле

$$v_p = \omega \cdot r_{ср}, \tag{1.263}$$

где $r_{ср}$ - средний радиус или расстояние от оси вращения до точки приложения равнодействующей сил сопротивлений, м.

Осевая скорость перемешиваемой массы корма равна

$$v_0 = v_p \cos\alpha \cdot \sin\alpha. \tag{1.264}$$

Репозиторий БГАТУ

Мощность $N_л$ (кВт), потребная на привод лопастной мешалки, определяется по формуле

$$N_л = \frac{(P_p v_p + P_0 v_0) z_л}{1000}, \quad (1.265)$$

где $z_л$ - число одновременно погружаемых лопастей.

Шнековые смесители. Теоретическую подачу Q_T (кг/с) горизонтального шнекового смесителя определяют по формуле:

$$Q_T = \frac{(D^2 - d^2) S \omega \rho \varphi_н}{8}, \quad (1.266)$$

где *D*и *d* - диаметры соответственно шнека и его вала, м; *S*– шаг винта, м; ω - угловая скорость, $с^{-1}$; ρ - объемная масса корма, кг/м^3; $\varphi_н$ - коэффициент заполнения сечения шнека массой (для горизонтальных шнеков - $\varphi_н$=0,3...0,4, для вертикальных - $\varphi_н$= 0,7...0,8).

При перемещении зернистых или пастообразных материалов осевая скорость будет значительно ниже теоретической, так как материал частично вращается вместе со шнеком. Это вызывает расслоение части потока и отставание некоторых частиц от массы, движущейся с максимально возможной скоростью

$$v_{\max} = r_{ср} \omega^2 tg\alpha, \quad (1.267)$$

где $r_{ср}$ - средний радиус шнека $r_{ср} = 0{,}35 \cdot \sqrt{D^2 - d^2}$, м; α - угол подъема винтовой линии, град.

Минимальная подача горизонтального шнека с учетом отставания частиц будет

$$Q_{\min} = \frac{(D^2 - d^2) \omega r_{ср} \sin\alpha \cdot (\cos\alpha_c - f \sin\alpha_c) \rho \varphi_н}{8}, \quad (1.268)$$

где α_c - средний угол развертки винта ($tg\alpha_c = S/2\pi r_{ср}$), град.

Для шнеков с малыми углами подъема винта (α<10°) и для кусковых материалов подача будет приближаться к максимальной, для углов α>10°, а также при перемещении комбикормов или влажных рассыпных смесей действительная подача будет ближе к минимальной.

Подачу двух- и многошнековых смесителей определяют по формуле

$$Q_д = z \varphi_1 Q_p, \quad (1.269)$$

где *z* - число шнеков; φ_1 - коэффициент, учитывающий перекрытие рабочими деталями свободного сечения шнека, град; Q_p - расчетная подача одним шнеком, кг/с.

Подачу вертикальных шнековых смесителей порционного действия определяют с учетом времени $t_ц$ цикла смешивания одной порции, загруженной в бункер смесителя.

Время однократного воздействия $t_{о.в}$ рабочего органа смесителя на материал определяется по выражению

$$t_{о.в} = \frac{V_{см} \rho \varphi_н}{Q_{\min}}, \quad (1.270)$$

где $V_{см}$ - вместимость смесителя, м^3.

Тогда минимально необходимое время смешивания $t_{см}$ будет $t_{см} = t_{о.в} K_ц$, где $K_ц$ - кратность циркуляции массы корма. Для вертикальных шнеков $t_{см} = 6...7$ мин, для горизонтальных - $t_{см} = 8...10$.

Подача смесителя порционного действия будет равна

$$Q_{см} = \frac{V_{см} \rho \varphi_н}{t_{см} + t_{заг} + t_{выг}}, \quad (1.271)$$

где $t_{заг}$ и $t_{выг}$ - соответственно время загрузки и выгрузки корма, с.

Мощность, потребную для привода шнековых смесителей, определяют по формулам:
для горизонтального

$$N_г = kQLg, \quad (1.272)$$

для вертикального

Репозиторий БГАТУ

$$N_в = QLg, \quad (1.273)$$

где k - приведенный коэффициент сопротивления движению корма по кожуху шнека (для зерна и комбикорма k=1,2; измельченных корнеплодов k=8…10).

1.7 Механизация уплотнения кормов

1.7.1 Классификация способов уплотнения кормов

Известны два способа уплотнения кормов при заготовки их на хранение – гранулирование и брикетирование.

Гранулы – это спрессованные до плотности 800…1300 кг/м^3 в цилиндрические или фигурные кусочки толщиной или диаметром до 25 мм кормовые компоненты или смеси, измельченные в муку.

Диаметр гранул для цыплят в возрасте 1…7 дней должен быть 1…2 мм, 7…30 дней – 2,2 мм, более 30 дней – 3 мм, для взрослой птицы – 4…6 мм; для поросят-отъемышей – 8 мм, молодняка свиней более 4 месяцев – 10 мм; для овец, телят – 5…7 мм; для крупного рогатого скота – 14…20 мм.

Брикеты – это спрессованные грубые корма (травяная или соломенная резка) и кормовые смеси, включающие грубые корма, размер частиц которых 20…70 мм, сформированные в цилиндрическую, диаметром до 65 мм, или другую форму с наибольшими размерами 80 мм, плотностью 500…900 кг/м^3.

Диаметр брикетов для крупного рогатого скота 30…65 мм; размер брикетов прямоугольной формы 60х50 мм.

Исходная смесь кормов для уплотнения должна быть однородной не менее чем на 90 %. Количество непрессованной массы не должно превышать 6 %, допустимый нагрев в процессе прессования не более 90 °С для гранул и 70 °С для брикетов. Коэффициент перетирания резки в муку при брикетировании не должен превышать 20 %; потери каротина в процессе прессования 5%; потери продукта по массе 1%.

Требуемое качество гранул и брикетов также определяется их плотностью, прочностью и крошимостью, которые зависят от влажности материала, гранулометрического или фракционного состава, температуры и давления прессования

Крошимость характеризует степень связанности частиц, составляющих гранулы или брикеты иопределяемая из выражения

$$K = \frac{m}{M} 100\ \% \quad (1.274)$$

где m – масса крошки, отошедшей после испытания гранул или брикетов на крошимость, т; M – начальная масса образцов корма, т.

Для нормального протекания процесса гранулирования травяной муки или комбикормовых смесей *оптимальное значение влажности* составляет 15…16 %, температуры 60…70 °С. При влажности массы свыше 16 % частицы становятся упругими, они хуже спрессовываются. Поверхностная влага способствует лучшему сближению частиц и их уплотнению, особенно при кондиционировании паром или при наличии устройств активного перераспределения увлажнителя.

Процесс гранулирования будет более эффективным при мелком измельчении, так как при этом коэффициенты трения меньше, чем при крупном.

Наиболее благоприятные условия для гранулирования комбикормов создаются при обработке их паром давлением 0,25…0,4 МПа (расход 0,4…0,5 кг на 1 кг корма).

Прочность брикетов зависит от продолжительности напряжении в зоне нагрузок. При нагреве брикетируемой массы до 70…80 °С период релаксации уменьшается почти вдвое.

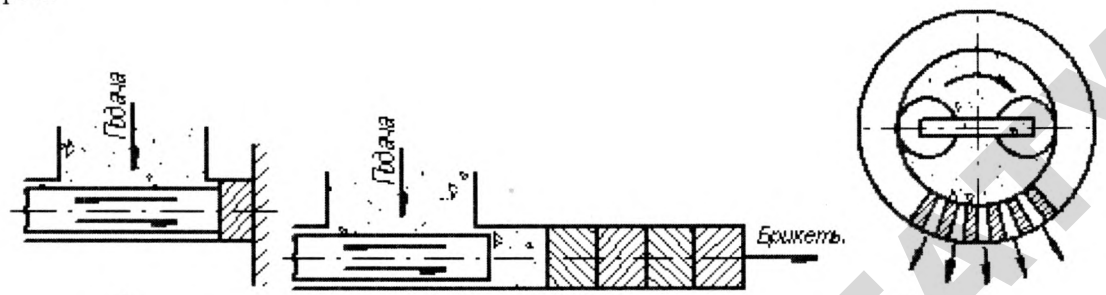
Приготавливать гранулы можно окатыванием мучнистых кормов в шарики при влажности массы 30…35 %. Однако, так как компоненты должны быть тонкого размола, а полученные гранулы нужно сушить для снижения их влажности до 12…14 %, то широкого распространения этот способ не получил.

Для уплотнения кормов наибольшее распространение получили штемпельные и кольцевые прессы.

Репозиторий БГАТУ

Штемпельные рабочие органы осуществляют процесс по принципу порционной подачи. Они могут быть с закрытой (рис. 1.68, а) или открытой (рис. 1.68, б, в) прессовальной камерами.

В открытой камере противодавление создается трением спрессованного материала о стенки, при этом уплотнение и выталкивание выполняются за один ход штемпеля. В *закрытой* камере эти операции производятся раздельно, а противодавление создается неподвижным упором.



а) б) в)

Рисунок 1.68 - Типы рабочих органов для уплотнения кормовых материалов:
а – штемпельный с закрытой камерой; б – штемпельный с открытой камерой; в – кольцевой с открытой камерой

Рабочие органы с закрытой камерой менее энергоемки, чем с открытой, поскольку здесь исключается работа на проталкивание ряда брикетов при максимальном усилии штемпеля. Штемпельные рабочие органы действуют по принципу порционной подачи.

Однако в закрытых камерах требуется одинаковая подача материала для каждого хода штемпеля, что представляет чрезвычайно сложную задачу. Вторым недостатком закрытых камер является малая выдержка брикета под давлением.

Достоинство штемпельных прессов – небольшой расход энергии, получение брикетов большого диаметра, что важно для уменьшения поверхности корма, где развивается процесс окисления. Кроме того, устройство матричного канала позволяет регулировать давление прессования, и, следовательно, плотность и прочность брикетов. Штемпельные прессы более универсальны, на них можно брикетировать разнообразное сырье.

Кольцевые прессы (рис. 1.68, в) имеют кольцевые матрицы с размещенными по периметру прессовальными каналами, через которые продавливается корм. *Преимуществом* кольцевых рабочих органов является непрерывность технологического процесса.

Однако они сравнительно энергоемки (до 100 кДж/кг) и требуют тщательной подготовки материала перед гранулированием и брикетированием - однородного измельчения и равномерной влажности. Чаще всего для уплотнения в гранулы используют прессы с вертикально вращающейся матрицей, для уплотнения в брикеты – с вращающимися роликами.

Другие рабочие органы: шнековые, рулонные, вальцовые - в силу тех или иных причин не нашли применения в практике кормоприготовления.

1.7.2 Основные закономерности рабочего процесса штемпельных прессов

Процесс образования брикета из сыпучего корма в *открытой* камере включает несколько стадий. При наложении давления на штемпель (рис. 1.69) частицы корма сближаются, пустоты между ними уменьшаются, а воздух выдавливается наружу через зазор между штемпелем и стенкой камеры. Сближение частиц и уплотнение материала возрастают с увеличением усилия на штемпеле.

По мере сближения частиц между их поверхностями возникают силы межмолекулярного сцепления. Проявление сил сцепления тем сильнее, чем больше поверхность соприкосновения частиц, т.е. чем больше будут сближены частицы. В результате действия этих сил происходит консолидация прессованной порции и образование монолитного пуска – кормового брикета.

Репозиторий БГАТУ

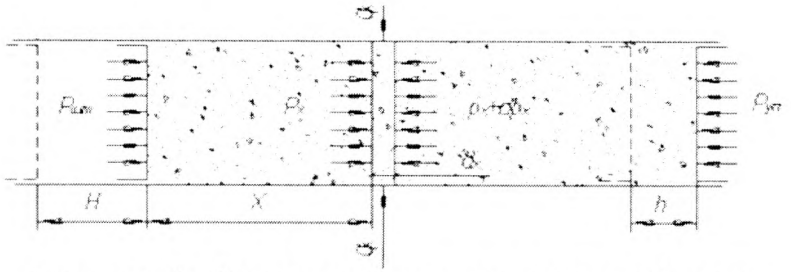


Рисунок 1.69 - Схема прессования корма в закрытой камере

Реальный процесс прессования кормового материала в камере сопровождается трением между ним и стенками прессовальной камеры. В связи с этим штемпель должен преодолевать дополнительные усилия. Следовательно, общее давление на штемпеле $P_{шт}$ составит величину

$$P_{шт}=P_x+P_F, \quad (1.275)$$

где P_F– давление, обусловленное внешним трением деформируемого материала; P_x – осевое давление на материал.

Давление P_F определяется соотношением:

$$P_F = \frac{F}{S}\ , \quad (1.276)$$

где F – сила трения при прессовании, Н; S – площадь поперечного сечения прессовальной камеры, м^2.

Трение, кроме дополнительных затрат энергии, приводит к неравномерной плотности брикета. Это обусловлено падением давления в прессуемом материале по мере удаления от штемпеля.

Соотношение между боковым и осевым давлением примем в виде упрощенной линейной зависимости:

$$q_x = \xi P_x \quad (1.277)$$

где q_x – боковое давление на корм; ξ – коэффициент бокового распора.

Осевое давление определим из выражения:

$$P_x = P_{шт}\ exp(-f\xi\frac{l}{S}x)\ , \quad (1.278)$$

где f – коэффициент трения; l – периметр поперечного сечения камеры; x – толщина сжимаемого материала.

Соответственно давление на упоре составит величину:

$$P_x = P_{шт}\ exp(-f\xi\frac{l}{S}x_{en})\ . \quad (1.279)$$

Таким образом, наибольшая плотность брикета достигается у штемпеля, наименьшая – у упора, что приводит к большой крошимости брикетов или их разрушению после извлечения из камеры. Уменьшить это явление можно дав выстойку штемпелю в конце его рабочего хода. В этом случае напряжения в брикете бы релаксировали и он меньше бы расширялся после снятия нагрузки. Но это связано с потерей производительности брикетным прессом.

Удельные затраты рабочего процесса в *открытой* камере можно записать в виде следующего баланса:

$$A = A_{сж} - A_{ур} \quad (1.280)$$

где $A_{сж}$– энергия, затрачиваемая на сжатие материала; $A_{ур}$ – работа упругого расширения сжатого материала (возврат части энергии в механизм пресса в начале обратного хода штемпеля).

Затраты энергии в открытой камере, по сравнению с закрытой, относительно невелики. *Однако другие недостатки закрытой камеры* конструктивно не преодолены, и прессы с такой камерой не получили распространения.

Закономерности прессования в *закрытой* камере. Рабочий процесс в открытой камере состоит из двух стадий (рис. 1.70):

1. Сжатие очередной порции исходного материала. Это стадия ничем не отличается от сжатия в закрытой камере, только здесь упором служат ранее с прессованные брикеты;

2. Проталкивание всего ряда ранее спрессованных образцов и выталкивание из камеры одного из них.

В открытой камере противодавление создается на стадии проталкивания – только за счет сил трения.

Репозиторий БГАТУ

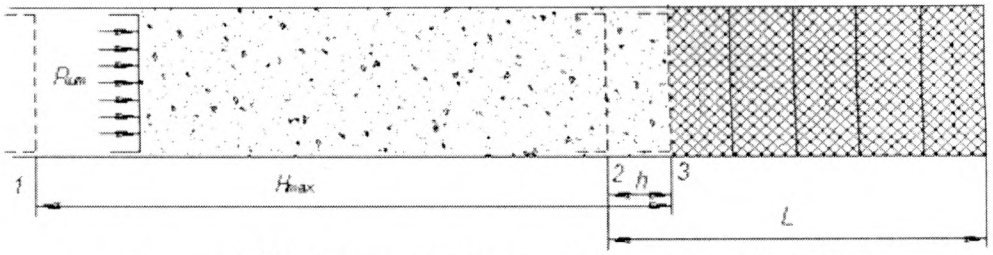


Рисунок 1.70 - Схема прессования корма в открытой камере

Особенностью работы открытой прессовальной камеры являются большие затраты энергии на процесс проталкивания брикетной ленты, которые превосходят затраты на образование брикета в 1,5÷2,0 раза. Общий баланс энергии на рабочий процесс штемпельного пресса с открытой камерой можно записать в виде:

$$A = A_{сж} + A_{пр} - A_{у.р} \quad (1.281)$$

где $A_{пр}$ – энергия, затрачиваемая на проталкивание брикетной ленты.

Так как в открытой прессовальной камере упором при формировании очередного брикета являются ранее спрессованные брикеты, удерживаемые в камере за счет сил трения, то актуальна задача по определению длины L камеры проталкивания.

Среднее по длине боковое давление можно определить по формуле:

$$q = \frac{P_{шт}^{max}\xi}{2} \quad (1.282)$$

Силу трения, возникающую между брикетной лентой и стенками камеры во время проталкивания, можно определить по выражению:

$$F = fqLl = \frac{1}{2} f \xi P_{шт}^{max} Ll \ . \quad (1.283)$$

На стадии проталкивания корма штемпелем преодолевается сила трения:

$$F = P_{шт}^{max} S \quad (1.284)$$

Приравнивая значения силы трения, имеем:

$$S = \frac{1}{2} f \xi Ll \quad (1.285)$$

Откуда длина камеры проталкивания:

$$L = \frac{2S}{f \xi l} \quad (1.286)$$

Для камеры круглого сечения имеем $l = \pi d$, $S = \frac{\pi d^2}{4}$. Тогда, формула (1.286) упростится:

$$L = \frac{d}{2 f \xi} \quad (1.287)$$

Длину камеры нужно делать увеличенной (0,3 м и более) при больших диаметрах брикетов. Для формирования гранул диаметром около 1 см достаточно длины фильеры 5…6 см.

В открытой прессовальной камере образцы находятся некоторое время под нагрузкой, что способствует релаксации напряжений и получению качественных брикетов и гранул. Средняя скорость проталкивания спрессованных образцов не должна превышать величины:

$$\upsilon = \frac{L}{T_p} \quad (1.288)$$

где T_p – время релаксации (по данным С. В. Мельникова: для грубостебельных кормов T_p = 23…25 с; для травяной муки T_p = 12…17 с.)

Рабочими органами *кольцевого пресса* является пара «матрица – валец», конструктивные параметры которых могут быть различны в зависимости от назначения (гранулирование и брикетирование) и вида уплотняемого материала.

Репозиторий БГАТУ

2 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗДАЧИ КОРМОВ

2.1 Зоотехнические требования к кормораздающим устройствам

Правильная организация раздачи кормов животным имеет важное значение. По трудоемкости она составляет 30…40 % от общих трудовых затрат по уходу за животными.

К кормораздающим устройствам предъявляются следующие *зоотехнические требования*:

– равномерность распределения корма по фронту кормления, отклонение дозы по массе на одну голову для крупного рогатого скота составляет: стебельчатых кормов 10 %; корнеклубнеплодов 15 %; комбикорма и концентрированных кормов 5 %; минеральных добавок 5 %;

– продолжительность операции раздачи кормов в одном помещении не должна превышать 30 мин при использовании мобильных средств и 20 мин – при раздаче стационарными средствами;

– кормораздатчики должны быть универсальными в отношении возможности выдачи всех видов кормов;

– иметь высокую производительность и возможность регулирования нормы выдачи на 1 голову от минимальной до максимальной, в зависимости от принятого рациона, животному (выдача концентратов в зависимости от суточного надоя) или группе животных (сенаж, силос и др.);

– не создавать излишнего шума в помещении;

– механически очищаться от остатков корма;

– быть надежными в работе(коэффициент готовности не менее 0,98);

- возвратимые потери корма не должны превышать 1%, невозвратимые потери не допускаются;

- окупаемость не должна превышать двух лет;

- не загрязнять воздух;

- предотвращение загрязнения корма и расслаивание его по фракциям;

- предупреждение травматизма животных, электробезопасность.

Можно выделить четыре способа доставки и раздачи кормов:

1) мобильными машинами, самоходными или агрегатируемыми с трактором;

2) стационарными установками, т. е. системой транспортеров различных типов;

3) комбинированным способом, когда доставка кормов к помещению для животных производится мобильными машинами, а распределение по фронту кормления — стационарными установками;

4) передвижными техническими средствами, т. е. машинами с ограниченной степенью свободы перемещения.

При наиболее распространенной в настоящее время павильонной застройке ферм и отсутствии механизированных кормохранилищ самым простым, надежным и эффективным способом является доставка и раздача кормов мобильными кормораздатчиками (рис.2.1). Благодаря высокой надежности выполнения технологического процесса, которую обеспечивает использование этих машин (за счет резервирования), они находят широкое применение в хозяйствах. Достоинство этого способа состоит также в том, что процесс доставки и раздачи осуществляется без промежуточных перевалок кормов, так как мобильный кормораздатчик является одновременно и транспортным средством, и средством распределения корма по фронту кормления, они более универсальны в возможности выдачи различных как по составу, так и по консистенции кормов; выше коэффициент использования (могут раздавать корм в нескольких помещениях); система кормораздачи с их исполнением более надежна, не требует затрат на монтаж.

Однако это влечет за собой и основные недостатки, связанные с необходимостью широких сквозных проездов агрегата через животноводческие помещения, нарушают микроклимат в животноводческих помещениях, создавая излишний шум и загрязняя воздух выхлопными газами, в зимних условиях возможны сквозняки и переохлаждение помещений; могут служить переносчиками вирусов и болезнетворных микробов; труднее поддаются автоматизации. К недостаткам способа доставки и раздачи кормов мобильными машинами следует отнести также сложность автоматизации процесса, режим работы операторов

Репозиторий БГАТУ

напряженный (одновременно с управлением движения необходимо следить я за выдачей кормов), увеличивается стоимость зданий.

Так, по роду использования кормораздатчики можно разделить на мобильные (навесные и прицепные), стационарные (механическим, гидравлическим, пневматическим, гравитационным и комбинированным способом транспортировки и раздачи корма) и ограниченной мобильности (с жестким и гибким ограничением мобильности).

Кормораздатчики ограниченной мобильности (перемещающиеся по рельсам или другим направляющим) устраняют отмеченные недостатки мобильных с сохранением их преимуществ.

Стационарные установки в противоположность мобильным машинам легче поддаются автоматизации. Они могут размещаться непосредственно в кормушках или над ними, вследствие чего площадь помещений используется более рационально, чем при применении мобильных машин. Отпадает необходимость открывания ворот для въезда кормораздатчика в помещения, что способствует снижению тепло потерь и поддержанию постоянства параметров микроклимата. Однако технологические линии с использованием стационарных установок обычно состоят из цепочки последовательно расположенных транспортеров. Это резко снижает надежность технологического процесса, поскольку выход из строя одного из звеньев влечет за собой остановку всей линии, а их резервирование в условиях фермы практически невозможно. Низкая надежность — главный недостаток способа доставки и раздачи кормов стационарными установками, вследствие чего они используются значительно реже, чем мобильные кормораздатчики.

Комбинированный способ является компромиссным, но в ряде случаев достаточно эффективным решением. Главные достоинства его состоят в том, что, как и в предыдущем случае, кормораздаточные транспортеры могут размещаться в кормушках или над ними и исключается проезд крупногабаритных мобильных машин сквозь животноводческие помещения. Обычно приемные бункеры транспортеров выводят в пристроенные к помещениям тамбуры, где и производится загрузка кормов, доставленных мобильными кормораздатчиками. В связи с этим микроклимат в помещениях для животных не нарушается.

Недостатки комбинированного способа состоят в необходимости иметь кроме мобильных кормораздатчиков еще и стационарные транспортеры, что увеличивает затраты на приобретение и обслуживание машин. Поскольку стационарные транспортеры не могут быть абсолютно надежными, а резервировать их в животноводческом помещении невозможно, снижается надежность технологического процесса кормления скота. Поэтому комбинированный способ доставки и раздачи кормов применяют в тех случаях, когда конструкция, размеры, например высота или планировка помещений, не позволяют использовать для этого мобильные машины.

Четвертый способ доставки и раздачи кормов находит применение на крупных животноводческих фермах, какими являются комплексы по откорму молодняка на 10 тыс. и более голов, производственные помещения связаны между собой специальной технологической галереей. Такое планировочное решение существенно снижает требования к маневренности машин. В одноэтажных блоках машине достаточно иметь всего две степени свободы: возможность двигаться вдоль технологической галереи и в перпендикулярном по отношению к ней направлении, т. е. параллельно осям прямоугольных координат. В этих условиях наиболее эффективны координатные машины, объединяющие достоинства как стационарных, так и мобильных машин, исключая одновременно их недостатки.

Наилучшим способом удовлетворения потребностей крупного рогатого скота, является скармливание кормов в виде полнорационной кормосмеси. Ее преимущество заключается в равномерности протекания процесса пищеварения. Для микрофлоры рубца создаются оптимальные условия, поскольку все питательные вещества и структурообразующие компоненты корма поступают в нужном соотношении. Колебания величины pH в рубце практически отсутствуют, чем предупреждаются нарушения нормального метаболизма и достигается более эффективное использование корма, сокращаются его потери с отходами. При оптимальном смешивании кормов выборочное поедание компонентов корма практически исключено.

Репозиторий БГАТУ

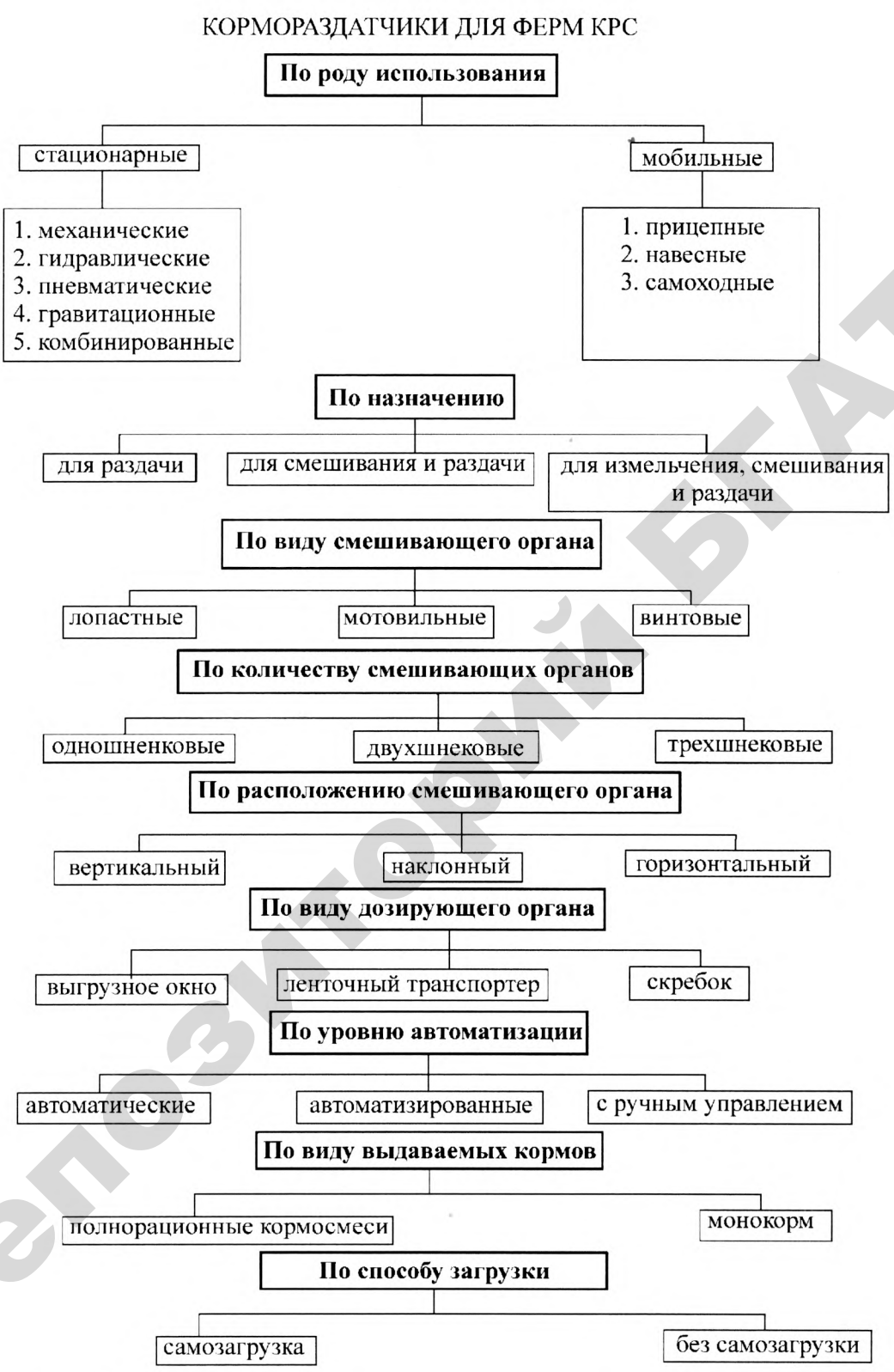


Рисунок 2.1 – Классификация кормораздатчиков для ферм крупного рогатого скота

Имеющееся на фермах многообразие конструкций машин и оборудования для транспортировки и раздачи кормов объясняется различными типами животноводческих помещений, различием способов содержания, кормления, а также поисками эффективных

Репозиторий БГАТУ

кормораздающих устройств, которые наиболее полно бы отвечали все возрастающим зоотехническим к технико-экономическим требованиям.

2.2 Мобильные кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота

2.2.1 Устройство и процесс работы мобильных кормораздатчиков

На рынке кормораздаточной техники представлено очень большое разнообразие конструкций с емкостью бункера от 1,5 до 20 м^3 и более. Только на европейском рынке около 30 фирм представляют более 400 разнообразных типов раздатчиков-смесителей и их модификаций.

На фермах крупного рогатого скота эксплуатируются мобильные бункерные кормораздатчики с приводом рабочих органов от ВОМ трактора. *Преимуществом мобильных раздатчиков* кормов машин является более низкая удельная стоимость этих машин в сравнении со стационарными. В этом случае мобильные кормораздатчики работают более продолжительное время и могут раздавать корма в нескольких помещениях. При выходе из строя кормораздатчика на любой стадии работы, раздача кормов увеличится только по времени и производится другими машинами, участвующими в данном процессе. Кроме того, только мобильными кормораздатчиками можно организовать механизированную выдачу кормов на выгульных площадках и в летних лагерях. Повысить их эффективность использования можно за счет сокращения холостого хода и расширения функций.

Мобильные раздатчики кормов обеспечивают подачу кормовой массы непосредственно в кормушки, а также в приемный бункер стационарных кормораздатчиков; их можно использовать и в качестве транспортирующих саморазгружающихся машин для доставки кормов с поля, от хранилищ и перевозки различных сельскохозяйственных грузов.

Кормораздатчик тракторный универсальный КТУ-10А предназначен для раздачи кормовых смесей, приготовленных на основе измельченных стебельных кормов в кормушки на одну или две стороны. КТУ-10А представляет собой двухосный прицеп на рессорах и пневматических колесах. Состоит из кузова вместимостью 10 м^3 (с подставными бортами), ходовой части с прицепным устройством, цепочно-скребкового продольного транспортера, двух поперечных транспортеров, блока из трех битеров и привода. Рама раздатчика усилена. Продольный транспортер кузова состоит из двух совместно работающих цепочно-планчатых полотен с натяжным устройством. Цепи полотен круглозвенные калиброванные.

Привод раздатчика от ВОМ трактора, включает телескопический карданный вал, ценную передачу, редуктор, привод поперечных транспортеров, блока битеров, продольного и дополнительного транспортеров.

Норма выдачи корма регулируется в пределах 6...72 кг/м длины кормушки изменением скорости движения продольного транспортера с помощью храпового механизма и рабочей скорости движения, трактора в пределах 1,7...2,6 км/ч.

КТУ-10А может быть использован в коровниках, имеющих ширину кормовых проходов не менее 2 м. Высота кормушек должна быть не более 0,75 м.

Кормораздатчик РММ-Ф-6 одноосный малогабаритный. Основные узлы и механизмы кормораздатчика ходовая часть; кузов, внутри которого расположены продольный и поперечный транспортеры; блок битеров; привод и система электрооборудования.

Наличие регулируемой по высоте опоры дышла с поворотным опорным роликом облегчает агрегатирование одноосного раздатчика с трактором. Принцип действия раздатчика аналогичен кормораздатчикуКТУ-10А.

Приспособление ПКТУ-10А к мобильному раздатчику *КТУ-10А* и *ПРММ-5* к *РММ-Ф-6* предназначено для приема и равномерной раздачи рассыпных и гранулированных и концентрированных кормов. Приспособление включает в себя бункер с дозатором. В верхней части бункера устроена загрузочная горловина, закрываемая крышкой. На передней панели бункера расположено смотровое окно для контроля за уровнем корма при загрузке и разгрузке. Над откидным дном бункера установлен барабан дозатора. У задней панели бункера расположено кормовыдающее окно. Между окном и поперечным транспортером установлен

Репозиторий БГАТУ

наклонный поток. Привод барабана дозатора - от вала среднего битера кормораздатчика через цепную и цевочную передачу

При проезде агрегата по кормовому проходу коровника одновременно с рабочими органами раздатчика приводится в движение дозатор. При этом барабан захватывает концентрированные корма и через окно и наклонный латок подает их на слой стебельных кормов, находящихся на поперечном транспортере раздатчика.

Перед раздачей регулируют норму выдачи концентрированных кормов изменяя положение цевочного колеса (при этом изменяется передаточное отношение). Кроме того, с помощью сменных звездочек регулируют частоту вращения вала цевочной передачи.

Раздатчик-смеситель прицепной РСП-10 (рис. 2.2) предназначен для приема определенной дозы кормовых компонентов рациона: сенажа, силоса, измельченного сена, комбикорма и для смешивания, транспортировки и раздачи кормовой смеси в кормушки (только на левую сторону) в помещениях с шириной кормового прохода не менее 2 м.

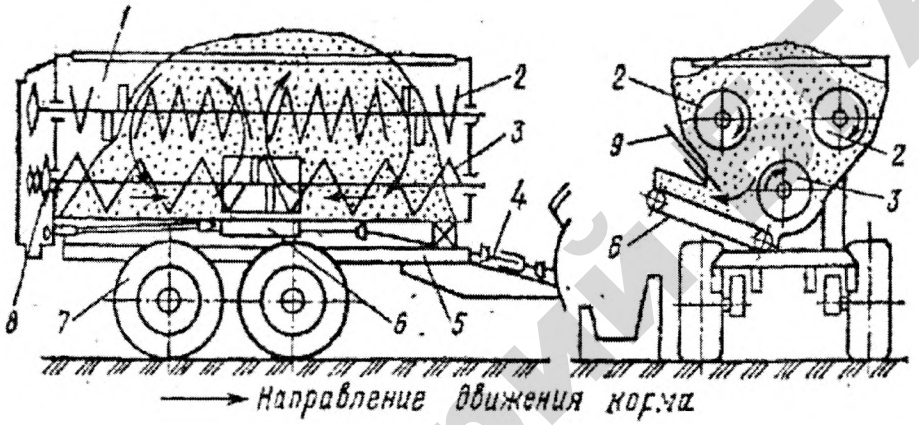


Рисунок 2.2 - Схема раздатчика-смесителя РСП-10

Кормораздатчик состоит из металлического бункера-смесителя емкостью 10 м^3, смонтированного на шасси 7 двухосного прицепа, выгрузного цепочно-планчатого транспортера 6 с заслонкой 9 и лотком и привода рабочих органов. Внутри бункера 1, установлены три шнека для одновременного транспортирования и смешивания кормовых компонентов. Спирали их навиты таким образом, что обеспечивают перемещение кормов на нижнем шнеке 3 к центру бункера, на верхних 2 - от центра к торцевым стенкам. При этом корма движутся по двум взаимно пересекающимся замкнутым контурам.

Выгрузной транспортер 6 установлен против выгрузного окна бункера с заслонкой 9 к направляющим лотком. При переводе лотка в рабочее положение с помощью гидроцилиндра полумуфта привода транспортера 6 замыкается, а при переводе в транспортное положение размыкается, включая и выключая транспортер. Заслонка при смешивании корма закрыта, при раздаче открывается гидроцилиндром.

Привод рабочих органов осуществляется от ВОМ трактора класса14 кН при помощи карданной передачи 4, четырех контурных цепных передач и вала привода транспортера. Цепные передачи 8 размещены в коробке цепных передач с масляной ванной, установленной на задней стенке бункера.

Бункер раздатчика-смесителя заполняют при работающих шнеках кормовыми компонентами из бункера кормоцеха или непосредственно в местах хранения кормов. За время переезда к месту раздачи (3...8 мин) вращающиеся шнеки обеспечивают приготовление кормосмеси (неравномерность смешивания ±12 %). После заезда в кормовой проход тракторист через гидросистему опускает направляющий поток и открывает заслонку выгрузного окна, включает необходимую рабочую скорость (1,5...5 км/ч). При этом автоматически включается выгрузной транспортер и из двигающегося раздатчика происходит раздача корма. После раздачи тракторист выключает ВОМ» закрывает заслонку выгрузного окна, поднимает

Репозиторий ГГАТУ

кормонаправляюший поток в транспортное положение и направляет кормораздатчик к местам загрузки корма.

Раздатчик-смеситель АРС-10 унифицирован на 80 % с РСП-10 и отличается от него тем, что смонтирован на шасси автомобиля ЗИЛ-130Г. Рабочие органы раздатчика АРС-10 приводятся в действие от коробки отбора мощности. Для снижения динамических нагрузок в приводе установлен редуктор с гидромуфтой, обеспечивающей отключение рабочих органов раздатчика-смесителя при переключения передач. Управление редуктором - дистанционное с пневмоприводом, включаемым и выключаемым рычагом коробки отбора мощности.

Для нормальной работы этих кормораздатчиков-смесителей необходимо, чтобы не менее 70 % массы составляли частицы длинной до30 мм (силос, сенаж) или до 50 мм (солома). При раздельной нагрузке раздатчика-смесителя в первую очередь загружают сенаж или силос, затем измельченную солому или сено и после этого - комбикорм. При загрузке следят, чтобы в кормовой массе не было камней, железа, дерева и других посторонних примесей.

В настоящее время за рубежом на молочных фермах и площадках для откорма крупного рогатого скота в основном используют технологию кормления, в соответствии с которой все виды кормов раздаются животным одновременно в виде сбалансированной по питательности кормосмеси. Для реализации такого способа кормления животных разработаны и выпускаются универсальные транспортно-технологические комплексы, получившие название - смесители-кормораздатчики (иногда их еще называют миксерами, кормосмесителями и т. д.), а также другие технические средства.

В зависимости от конструктивного исполнения смесители-кормораздатчики могут выполнять следующие операции: выемка и загрузка в бункер машины силоса, сенажа и других грубых кормов из бурта, а также тюков и рулонов; взвешивание поступающих в бункер исходных компонентов кормосмеси в строгом соответствии с установленным рецептом, их измельчение и смешивание; транспортировка и раздача готовой кормосмеси. Основной отличительной особенностью новых машин является наличие электронной системы взвешивания и системы измельчения-смешивания, которые и превращают обычные кормораздатчики в технику нового поколения, заменяющую по своим технологическим возможностям громоздкие и металлоемкие кормоцеха.

Обеспечение высокого качества приготовления кормосмеси. В настоящее время на зарубежный рынок поставляются смесители-кормораздатчики различного конструктивного исполнения, которые условно можно классифицировать по типу применяемой в них системы измельчения-смешивания: вертикальные (рабочие органы в виде шнека установлены вертикально в бункере машины), горизонтальные (рабочие органы размещены горизонтально), лопастные (рабочие органы выполнены в виде лопастей) и мотовильного типа (рабочие органы в виде мотовила).

По принципу соединения с источником энергии миксеры подразделяются на самоходные, прицепные и стационарные, по расположению смешивающих рабочих органов — на горизонтальные и вертикальные, а по наличию или отсутствию режущего аппарата — на доизмельчающие или только смешивающие.

Самоходные миксеры обычно комплектуются загрузочными фрезами, осуществляющими дополнительное измельчение корма и загрузку его в бункер.

Навесные кормораздатчики имеют, как правило, небольшую вместимость. Следует отметить, что даже простейшие навесные кормораздаточные устройства позволяют выполнять несколько операций. Так, навесные кормораздатчики Panda 1800 и Panda 2000 (изготовитель-фирма «Holaras», Нидерланды), вместимостью соответственно 1,8 и 2 $м^3$, обеспечивают самозагрузку корма, его разрыхление и перемешивание, транспортирование (с помощью энергетического средства) и раздачу. Устройство для самозагрузки выполнено в виде размещенной на конце загрузочной стрелы лопаты с режущим механизмом. Разрыхление и перемешивание корма в различном состоянии осуществляется при помощи вала с лопастями. Агрегатирование с трактором осуществляется посредством 3-х точечной задней навесной системы энергетического средства.

Установлено, что около 25 % всех затрат связанных с кормлением животных приходится на погрузку кормов в транспортные средства. Причем на малых и средних фермах применение погрузчиков кормов не приносит должного экономического эффекта ввиду низкой

Репозиторий БГАТУ

загруженности – потери времени погрузчиков достигают 40 %. Повысить эффективность данной технологической операции предлагается путем оснащения кормораздатчиков погрузчиками кормов.

Применение раздатчиков с системой самозагрузки позволяет исключить трактор на погрузочных работах. Это способствует снижению энергоемкости и металлоемкости выполняемых операций, позволяет высвободить тракториста. Также исключаются потери времени связанные с несоответствием по производительности различных машин занятых при выполнении этого процесса.

Для выполнения технологической операции погрузки кормов применяется целый ряд механизмов – вильчатые и грейферные захваты, фрезбарабаны, счесывающие гребенки и различные ножевые конструкции для вырезания блоков кормов. Так как в кормосмесь входят силос (сенаж) и стебельчатые корма, то их погрузку более технологично организовать грейферными захватами или фрезерными барабанами. Каждая из перечисленных технических систем имеет свои преимущества и недостатки.

Грейферные погрузчики нашли широкое распространение за счет простоты конструкций и надежности.

Они более универсальны по видам загружаемых материалов и могут использоваться при погрузке стебельчатых кормов. Вместе с тем им присущ существенный недостаток при погрузке силоса (сенажа). Выполняя технологическую операцию, происходит разрушение кормового монолита, что является причиной потерь питательных веществ за счет вторичной ферментации.

Этот недостаток устраним при погрузке стебельчатых кормов фрезерными барабанами, режущие элементы которого последовательно отрезают стебельчатые корма от монолита и подают их на транспортер или в загрузочный ковш машины.

Рекомендуемая окружная скорость режущих барабанов на отборе силосованных кормов устанавливать равной 8…12 м/с, на грубых кормах этот показатель рекомендуется принимать равным 30…35 м/с, производительность загрузочного устройства с фрезерным барабаном зависит от числа животных и должна быть в пределах 14,4…28,8 т/ч. Верхнее значение желательно при работе агрегата на ферме вместимостью до 5000 голов. Привод фрезерного барабана осуществляется, как правило, гидромотором.

По-прежнему достаточно распространены навесные машины для выемки силоса из бурта блоками. Оснащенные режущими ножами, приводимыми в движение от гидросистемы трактора, они оставляют после себя гладкую, твердую поверхность резания, вследствие чего значительно снижаются потери корма.

Иногда смешивание *совмещают с измельчением компонентов.* При приготовлении влажных кормосмесей применяют измельчители-смесители с ножевыми рабочими органами – шнек снабжен ножами, установленными на его витках. Такая конструкция машины позволяет совмещать две операции, измельчение кормов и образование кормосмеси.

Наибольшее распространение нашли прицепные смесители-раздатчики *периодического действия*. Большинство из них состоит из одноосного шасси на котором закреплен бункер для кормов с поперечным выгрузным транспортером и заслонкой выгрузного люка. Привод рабочих органов этих машин осуществляется от вала отбора мощности трактора. В бункере для транспортировки и смешивания кормов устанавливаются шнеки. Располагаться внутри бункера они могут в зависимости от схемы машины –вертикально (рис. 2.3) или горизонтально (рис. 2.4). Число их может колебаться от одного до четырех, а диаметр от 254 до 600 мм. С увеличением объема бункера – диаметры возрастают, причем радиальный размер шнеков расположенных у днища меньше верхних.

Представители большинства фирм отмечают резкое увеличение спроса потребителей на вертикальные кормосмесители.

Сменная производительность смесителей-раздатчиков составляет3,2…6,4 т/ч, а удельный расход энергии 5,4…9,04 кВт ч/т. Объем бункера смесителей-раздатчиков находится в пределах 4…36 м^3.

Это подтверждают и результаты испытаний различных типов кормосмесителей, проведенных членами Ассоциации британских фермерских хозяйств (KINGSHAY) (табл. 2.1).

Репозиторий БГАТУ

Вертикальные смесители-кормораздатчики) проще по конструкции, более надежны в эксплуатации, менее энерго- и металлоемки обеспечивают высокую однородность смешивания с сохранением структуры корма, требуемое качество измельчения и полноту выгрузки готовой кормосмеси, а кроме того, удобны для загрузки с любой стороны, в эксплуатации и обслуживании. Обычно имеют больший дорожный просвет, менее чувствительны к посторонним включениям, лучше, справляются с измельчением и перемешиванием крупногабаритных рулонов и тюков сена и соломы, имеют наименьшие затраты времени на смешивание не допускают чрезмерного измельчения корма,

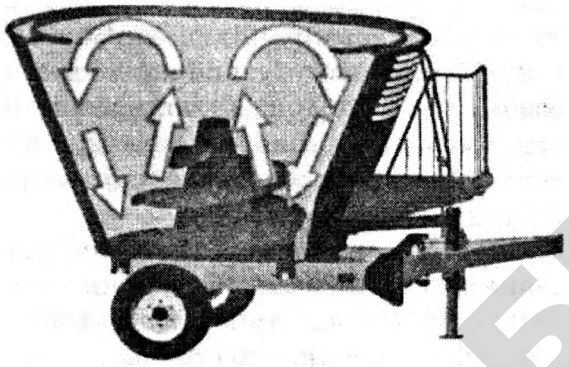


Рисунок 2.3 - Измельчители-смесители-раздатчики кормов с вертикальным расположением шнеков

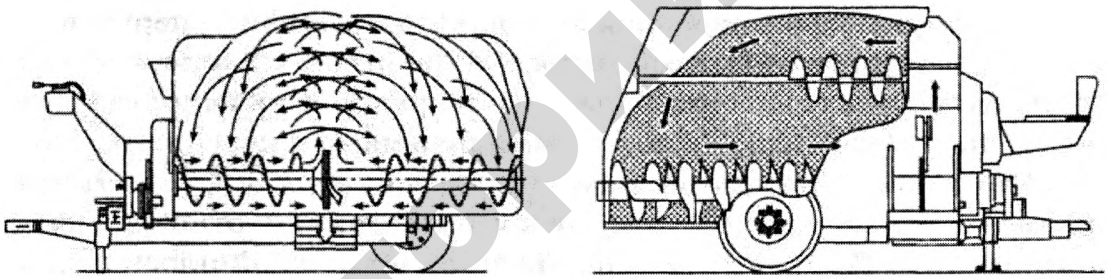


Рисунок 2.4 - Смесители-раздатчики с горизонтальным расположением шнеков

В расчете на 1 м^3 вместимости бункера вертикальные кормосмесители дешевле горизонтальных, имеют меньше быстроизнашивающихся деталей, легче переоборудуются на двустороннюю раздачу корма.

Таблица 2.1 – Средние показатели результатов испытаний по типам смесителей-кормораздатчиков

Показатели	Результаты испытаний смесителей-кормораздатчиков			
	Верти-кальных	Горизон-тальных	Лопастного типа	Мотовильного типа
Длительность смешивания	****	***	****	**
Однородность смешивания	****	***	****	***
Качество измельчения	****	*****	*	-
Скорость раздачи	*****	**	***	***
Равномерность раздачи	***	****	****	*****
Полнота выгрузки	****	**	****	****
Простота конструкции	****	***	***	**
Простота обслуживания	*****	**	***	**
Простота в обращении	***	***	****	****
Итогов (в среднем)	****	***	***	**

***** - отлично; * - очень плохо; -- - рабочие органы без ножей

Репозиторий БГАТУ

Энергоемкость процесса смешивания выше при вертикальном расположении шнеков в центре бункера. Это обусловлено значительными нагрузками на вертикальный шнек, вибрации бункера, возникающие при включении в работу шнека, препятствуют точному взвешиванию исходных компонентов кормосмеси. Смесители-раздатчики в данном конструктивном исполнении агрегатируются с тракторами большей мощности. Габаритные размеры машин с вертикально расположенным шнеком имеют большие размеры по высоте и ширине чем установки с горизонтальным шнеком той же вместимости, что затрудняет их использование в помещениях с низкими воротными проемами и перекрытиями. По скорости раздачи и простоте обслуживания не имеют равных.

Смесители-раздатчики горизонтального типа по сравнению с вертикальными лучше измельчают и смешивают компоненты корма и обеспечивают более высокую равномерность выдачи смеси. Но горизонтальные машины имеют небольшой дорожный просвет, что затрудняет их использование на неблагоустроенных фермах и грунтовых дорогах. Смесители такого типа очень чувствительны к посторонним включениям вследствие малых зазоров между режущими и противорежущими элементами. Камни, куски бетона и т. п., попадающие в корм, приводят к серьезным поломкам, на устранение которых требуется много средств и времени.

Горизонтальные миксеры целесообразно использовать в тех случаях, когда при заготовке кормов стебли измельчаются недостаточно, а погрузка консервированного корма из траншей производится погрузчиками без дополнительного измельчения (например, грейферными погрузчиками).

Однако по сравнению со смесителями-раздатчиками с горизонтальными шнеками они потребляют на 30…40 % больше энергии, и требуют высоту ворот для переезда не менее 2,3-2,7 м, а ширину кормового прохода не менее 2,4 м. Время измельчения и смешивания кормовой смеси составляет 10…15 мин.

При выборе раздатчика-смесителя следует также учитывать размеры и конструкцию кормовых проездов животноводческих помещений. Если эти проезды представляют собой плоский кормовой стол, то можно приобретать машину без дополнительных устройств подачи смеси в кормушки. Если же по ряду причин предполагается использование кормушек, то следует приобретать раздатчик-смеситель, оборудованный дополнительным транспортером, или машину с верхней выгрузкой кормосмеси.

Таким образом, тип и габариты корораздатчика, конструкция и размеры кормового проезда, а также планировка и вместимость помещения тесно взаимосвязаны, что требует взвешенного подхода в каждом конкретном случае.

Выбирая емкость бункера корораздатчика, важно учитывать кормление животных по кормовым классам. Для удобства работы желательно, чтобы каждому классу соответствовал свой кормовой стол или хотя бы одна его сторона.

Вертикальные кормосмесители в настоящее время являются наиболее перспективными, поэтому основные усилия ведущих зарубежных фирм направлены, прежде всего, на совершенствование конструкции именно этих машин. Так, фирма «Trioliet Mullos B.V.» (Нидерланды) разработала и поставила на рынок новую серию смесителей-корораздатчиков SolomixI с бункерами вместимостью 8, 10 и 12 м^3, усовершенствованная конструкция которых существенно повышает эксплуатационные показатели машин. Были внесены изменения в конструкцию рабочего органа. В бункер новых кормосмесителей был установлен так называемый «двухпоточный» смесительный шнек, основной отличительной особенностью которого является наличие в нижней части двух симметрично расположенных дозирующих лопастей. Благодаря установке этих лопастей значительно повышается равномерность выгрузки кормосмеси из бункера машин. Кроме того, приподнятая передняя кромка лопастей создает предпосылки для более интенсивной циркуляции корма в нижней части бункера, что, помимо повышения однородности смешивания компонентов кормосмеси, улучшает и качество измельчения длинноволокнистых кормов. Смесительный шнек размещен на приводной станции утяжеленной конструкции, которая встроена в раму машины, что в сочетании со стенками бункера увеличенной толщины повышает жесткость конструкции кормосмесителей, а следовательно, снижает ее вибрации. Для увеличения срока службы кормосмесителей повышены износостойкость и толщина винтовой поверхности шнека и днища бункера.

Репозиторий БГАТУ

В последнее время была проведена работа по расширению функциональных возможностей этой техники.

Измельчитель-смеситель-раздатчик кормовИСРК-12 «Хозяин», предназначен для приготовления (доизмельчения и смешивания) компонентов (зелёная масса, силос, сенаж, рассыпанное и прессованное сено в тюках и рулонах, солома, комбикорма, корнеплоды в измельчённом виде, жидкие кормовые добавки) с применением электронной системы взвешивания кормовой смеси, которая обеспечивает возможность программирования 50 рецептов из 30 компонентов.

Кормораздатчик используется только внутри фермерской зоны, так как не предназначен для передвижения по дорогам общего назначения. Кормораздатчик агрегатируется с тракторами класса 1,4.

Машина состоит из бункера, шнекового рабочего органа, весового механизма, механизма Бункер в горизонтальной плоскости имеет прямоугольную форму, а в вертикальной поперечной плоскости - призматическую с расширением вверх. На передней стенке бункера закреплен масляный бак гидросистемы машины, дисплей весового механизма управления рабочими органами. Имеется также смотровая площадка и лестница для подъёма на площадку. Сзади бункера имеется решётчатое окно для возможности загрузки различных рассыпных БВД (биовитаминные добавки) и премиксов. раздачи корма, привода рабочих органов. В нижней призматической части бункера по его оси установлено два смешивающе-измельчающих шнека. Для доизмельчения массы по всей длине витков шнека установлены ножи с волнистой кромкой лезвия (с зубьями). Для смешивания компонентов корма каждый шнек имеет противоположную навивку витков, обеспечивающих транспортирование смешиваемых компонентов в середину и вверх. Слева и/или справа по ходу раздатчика, в средней части бункера, установлен выгрузной транспортёр с гидроприводом. Угол наклона транспортёра (высота раздачи в кормушки) регулируется гидроцилиндром. Норма выдачи кормосмеси регулируется шиберной заслонкой выгрузного люка, открываемой с помощью гидроцилиндра. Величина открытия шибера контролируется визуально по положению рычага, связанного со штоком гидроцилиндра, и меткам, нанесённым на специальной линейке, закрепленной на передней стенке бункера. В транспортном положении транспортёр фиксируется в вертикальном положении. По желанию заказчика вместо транспортёра может быть установлен выгрузной лоток для раздачи массы по кормовому проходу ("на кормовой стол"). Регулировка нормы выдачи осуществляется также, как и на выгрузном транспортере. Весовой механизм состоит из измерительных весовых стержней, электронного дисплея с клавиатурой управления, видимого из кабины трактора, и коммутационных связей. Измерительная система имеет ручной режим настройки, автоматический режим взвешивания с высвечиванием показаний на индикаторе дисплея, звуковую сигнализацию и блокировку системы взвешивания при переездах агрегата к местам дозагрузки. Базовая модель ИСРК-12Г "Хозяин" оборудуется грейферным погрузчиком (рис 2.5, а), который монтируется на задней стенке кормораздатчика и в транспортном положении не увеличивает его габариты. Грейфер приводится в действие от бортовой гидросистемы кормораздатчика, способен производить погрузку с углом поворота 240 градусов и управляется трактористом-оператором из зоны загрузки. Кормораздатчик ИСРК-12Г "Хозяин" подается непосредственно к месту загрузки задним ходом трактора, что особенно важно при работе в траншее.

ИСРК-12Ф «Хозяин»(рис.2.5., б) оборудован погрузочной фрезой, которая представляет собой барабан на штанге со специальными ножами, который приводится в действие от автономной гидросистемы. Скорость вращения фрезерного барабана до 800 оборотов в минуту. Фреза поднимается на высоту до 4,5 метров и, опускаясь до 20…30 мм, (т.е. практически до самой земли) срезает и забрасывает в бункер вертикальный слой силоса глубиной до 250…300 мм. Производительность (для силоса с влажностью до 55%) не менее 50 тонн/час. Кормораздатчик ИСРК-12Ф "Хозяин" рекомендуется к применению в хозяйствах, у которых в составе кормовых смесей используется свыше 75…80% силоса. Привод рабочих органов кормораздатчика осуществляется от ВОМ трактора, через широкоугольный карданный вал, уникальный 2-хступенчатый планетарный редуктор и систему цепных передач. Управление рабочих органов (включение и выключение, подъем и опускание выгрузного транспортера и шиберов) производится с помощью автономной гидросистемы управляемой дистанционно из

Репозиторий ВГАУ

кабины трактора. Машина оборудована бульдозерным ножом, а также механическим стояночным и пневматическим тормозом, сблокированным с тормозами трактора. На задней стенке бункера имеется световая сигнализация, сопряженная с органами управления трактора.

а) б)

Риунок 2.5 - Измельчитель-смеситель-раздатчик ИСРК-12Г:
а) с грейферным захватом; б) с фрезерным барабаном

Технологический процесс, выполняемый ИСРК-12, осуществляется следующим образом: в первую очередь в бункер кормораздатчика загружаются сухие гранулированные или мучнисты корма при отключённом ВОМ трактора. После переезда под загрузку других компонентов корма (сено, солома, силос) механизатор включает ВОМ трактора, корма загружаются в бункер, где при помощи шнеков происходит процесс измельчения и смешивания. Для уменьшения технологического цикла приготовления кормов процесс измельчения и смешивания производится и во время движения кормораздатчика к местам дополнительной погрузки и разгрузки. Масса каждого погруженного компонента корма контролируется механизатором по монитору. После загрузки бункера кормораздатчика всеми компонентами корма, агрегат въезжает в животноводческое помещение, механизатор опускает выгрузной транспортер и включает его привод, открывает заслонку и производит выдачу корма в кормушки на одну сторону кормовой линии, после разворота агрегата производится выдача корма на вторую сторону кормовой линии. При раздаче на кормовой стол (в помещениях без кормушек) возможны выгрузка на обе стороны одновременно.

Норма выдачи корма (величина открытия заслонки) контролируется визуально по шкале (со значениями от 1 до 5) нанесенной на передней стенке бункера и по показаниям монитора.

После опорожнения бункера агрегат возвращается на погрузку и технологический цикл повторяется.

Техническая характеристика раздатчиков-смесителей «Хозяин» с горизонтальными рабочими органами представлена в приложении

Мобильный и компактный СРК-6В «Хозяин» рекомендован и подходит для использования не только на типовых фермах, но и на фермах семейного типа. Это привлекательный по цене, полноценный миксер-кормораздатчик.

В агрегатах вертикального перемешивания сочетаются новейшие технологии, простота обслуживания и эксплуатации с надежностью системы вертикального перемешивания. За счет простоты конструкции СРК-6В «Хозяин» стоит несколько дешевле, нежели агрегаты с горизонтальным расположением рабочих шнеков. Включает в себя **т**урбошнек с 7 ножами для смешивания компонентов корма, спираль шнеков 12…16 мм. изготовлена путем горячей штамповки из упрочненной стали для повышения износоустойчивости. **О**ребренный бункер дает дополнительную жесткость кузова и препятствует вращению корма вместе со шнеком. Толщина стенок бункера 8 мм, днища 16 мм. Весовая система с удобным пультом, звуковыми сигналами, установкой запоминающих программ и дозированием с точностью ± 0,015%.

Смеситель-раздатчик кормов СРК-18В «Хозяин» с двумя вертикальными шнеками представляет серию модернизированных агрегатов – кормоцехов «Хозяин» с вертикальными

Репозиторий ВГАТУ

рабочими шнеками. Предназначен для доизмельчения, смешивания и раздачи полнорационной кормовой смеси крупному рогатому скоту в кормушки и на кормовой стол. Оребровка бункера, реализованная в конструкции СРК-18В, тормозит корм, что ускоряет процесс приготовлениями позволяет эффективно измельчать и перемешивать компоненты корма даже без помощи противоножей. Снижается нагрузка на ВОМ, что обеспечивает экономию топлива до 20-30%. Такая конструкция обеспечивает экономию времени приготовления ПКС и значительное улучшение качества приготовленной кормовой смеси. Замена резинопластикового транспортера (в большинстве агрегатов импортного производства) на цепной позволяет увеличить срок службы и надежность агрегата, и расширить диапазон его использования в условиях низких температур. При производстве используются фунци определяющие узлы и детали импортного производства, вследствие чего ресурс надежности агрегата выше по сравнению с российскими аналогами и не ниже в сравнении с импортными.

Стационарные смесители кормов ССК-14В (рис. 2.6) можно использовать практически в любых помещениях для содержания животных (или снаружи под навесом), где из-за узких кормовых проходов нельзя применить мобильные средства. Также их применение оправдано в хозяйствах, где места хранения кормов и коровники находятся в удаленности друг от друга.

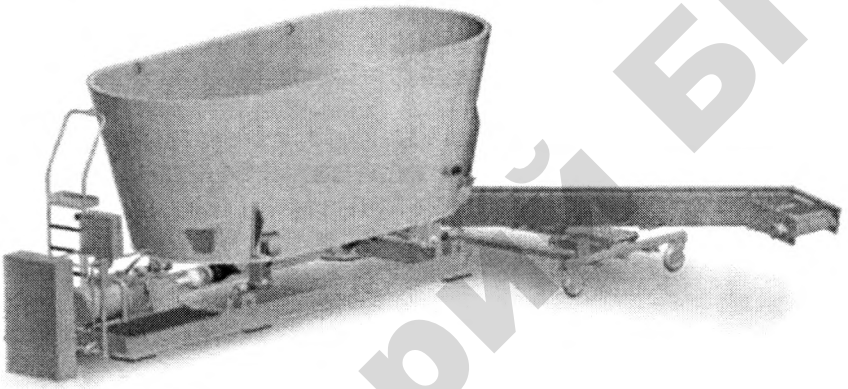


Рисунок 2.6 -Стационарный смеситель кормов ССК-14В

Таблица 2.2 - Технические характеристики стационарные смесители кормов

Наименование показателя	ССК-14	ССК-21
Объем, $м^3$	14	21
Мощность привода, кВт	55	70
Мощность гидропривода, кВт	2,2	5
Мощность привода транспортера, кВт	1,6	1,6-5
Время приготовления смеси, мин.	10-20	15-30
Максимальная загрузка смеси, кг	5500	6000
Высота выгрузки (окно), мм	700	700
Высота выгрузки транспортером, мм	900...3500	900...3500
Габариты смесительной ванны, м, ВхШхД	1,61х2,36х5,09	2,04х2,5х5,9
Количество весовых стержней	3	4
Количество / тип шнеков	2 / вертикальные	2 / вертикальные

Группа компаний ООО «Интех» и ООО «Запагромаш» с 2009 года производит *раздатчик-выдуватель соломы на подстилку крупному рогатому скоту РВС – 1500 «ХОЗЯИН»*. Данный агрегат позволяет механизировать труд посредством выдува измельченной соломы на подстилку животным. Также как и в кормораздатчиках «ХОЗЯИН», принцип производства выработан так, что все функции определяющие, узлы, отвечающие за надежность и долговечность техники, закупаются у ведущих производителей Европы, а детали, подверженные естественному износу в процессе эксплуатации – отечественного производства, что обеспечивает оперативное и дешевое обслуживание техники.

Репозиторий БГАТУ

В базовую комплектацию входит: поворотный жёлоб с гидроприводом для разбрасывания соломы, угол поворота составляет 280°,дальность разбрасывания подстилки составляет до 18 метров, подстилку можно разбрасывать как на левую сторону прохода в стойле, так и на правую; 2-х скоростной усиленный редуктор, обеспечивающий достаточную дальность при разбрасывании соломы и более низкую скорость для раздачи силоса; откидная задняя дверь/лоток с гидроприводом для загрузки рулонов и тюков; легкоразборный цепной транспортер, обеспечивающий высокую производительность и удобство эксплуатации.

Агрегат позволяет осуществлять раздачу монокорма (силоса и др.) животным.

Раздатчик-выдуватель соломы на подстилку РВС – 1500Д«ХОЗЯИН» с функцией двойного измельчения предназначен для организация глубокой подстилки КРС посредством выдува измельченной соломы.

Измельчающий механизм агрегата разработан специально для реализации функции доизмельчения. 58…90% соломы измельчаются до длины фракции 6…8 см. В такой комплектации агрегат эффективно использовать в коровниках с автоматическими системами удаления навоза, а также на птичниках – где важен более долговечный и ровный слой соломы, а также требуется меньшее время для уборки помещений. Агрегат позволяет механизировать труд для организации глубокой подстилки животным.

Тюки или рулоны загружаются в бункер с помощью откидной задней двери с гидроприводом или сверху погрузчиком. Движение цепного транспортера приводит к перемещению загруженного тюка или рулона к измельчающему барабану. Выгрузка измельченной соломы по желобу регулируется по горизонтали и вертикали.

Наиболее эффективное использование агрегата достигается при разбрасывании соломы влажностью не более 20%.

*Прицепной раздатчик-выдуватель соломы РВС-2500 (*рис. 2.7) способен одновременно работать с 3-мя рулонами диаметром до 2-х метров или 2-мя прямоугольными тюками, уложенными в два слоя -- то есть 4-мя тюками.

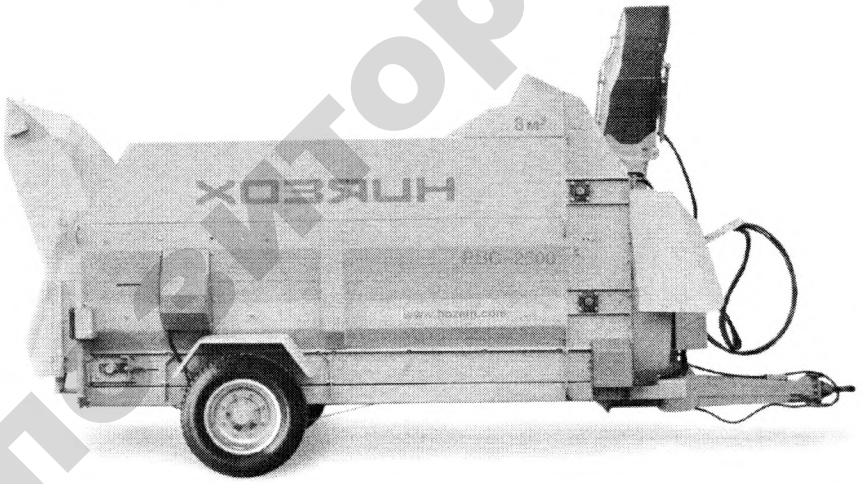


Рисунок 2.7 - Прицепной раздатчик-выдуватель соломы РВС-2500

Машина оборудована двумя барабанами и двухскоростной коробкой передач для выбора скорости, соответствующей материалу, подлежащему измельчению, и нужного угла наклона желоба для разгрузки.

Высокие борта обеспечивают объем бункера 8м^3 и не позволяют подстилочному материалу высыпаться наружу во время его движения к измельчающим барабанам. При скорости вращения карданного вала 540 мин$^{-1}$ обеспечивается длина выдува до 18 метров. Наиболее эффективное использование агрегата достигается при разбрасывании соломы влажностью не более 20%.

Расширяющийся задний откидной борт увеличивает вместимость для загружаемого силоса, направляет тюки при самозагрузке. РВС-2500 имеет двойное назначение - это

Репозиторий БГАТУ

подстилка животным и раздача монокорма из одной машины (через нижний желоб монокорм раздается на кормовой стол).

Таблица 2.3 - Техническая характеристика раздатчиков-выдувателей соломы РВС

Наименование показателя	РВС-1500, РВС-1500Д	РВС-2500
Ширина, мм	2300	2300
Высота, мм (мин)	2800	2850
Длина, мм	4200	6200
Длина (с опущенной задней дверь), мм	5500	7700
Размеры (Ш х Д) загрузочной камеры, мм	1550x1500	1700 x 3460
Длина загрузочной камеры с опущенной задней дверью, мм	2700	5700
Максимальные размеры прямоугольного тюка, м	1,3x1,2x2,5	1,3x1,2x2,5
Максимальные размеры круглого тюка (диаметр), мм	1800	2000
Собственный вес, кг	2350	3950
Мощность/Класс трактора, min	80/1.4*	100/2.0*

Измельчитель-выдуватель соломы барабанного типа Tomahawk 505MT (рис. 2.8)предназначен для распределения подстилки в животноводческих помещениях.

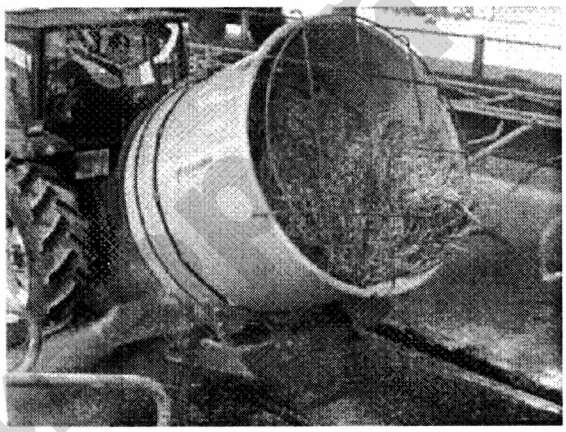


Рисунок 2.8 - Измельчитель-выдуватель соломы барабанного типа Tomahawk 505MT

Таблица 2.4 - Техническая характеристика измельчителя-выдувателя соломы Tomahawk 505M

Показатели	Tomahawk 505M
Ширина с закрытыми крышками соломораздаточной трубы, м	1,98
Ширина с открытыми крышками соломораздаточной трубы (рабочая), м	2,13
Длина, м	2,10
Высота в опущенном состоянии (стандартный барабан), м	2,38
Диаметр барабана, м	1,83
Высота выгрузки верхней трубы, м	1,09*
Высота выгрузки нижней трубы, м	0,40*
Пустой вес, кг	737
Требуемая мощность трактора, л.с.	80

Преимущества технологии: выгрузка снизу слева и сверху справа; при использовании меньшего количества соломы скот чище; меньше слипшейся подстилки; различный размер фракции в зависимости от типа установленной сетки; короткая равномерная резка идеально подходит для боксов бесстойлового содержания с системами автоматического удаления навоза.

Репозиторий БГАТУ

Навесной кормораздатчик Hamster (производства компании Walker Technik, Германия) - это современное решение для автоматизации процесса приготовления корма и её раздачи (рис. 2.9).Агрегат оснащен фрезерным загрузчиком, шнеком для смешивания компонентов корма и транспортером для выгрузки готового корма на две стороны на кормовой стол или в кормушки. Кормораздатчик Hamsterаг регатируется с тракторами 2 класса и выше.

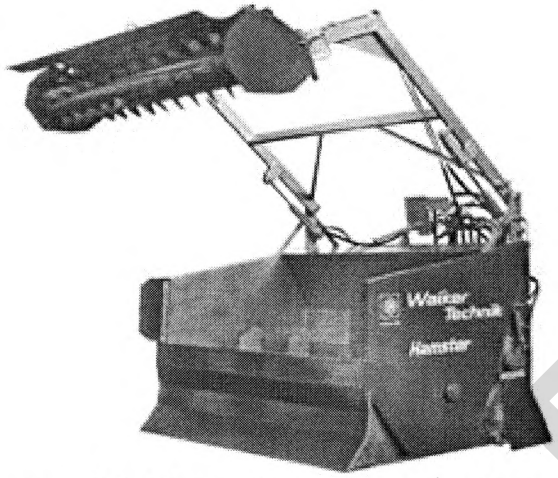


Рисунок 2.9 - Навесной кормораздатчик Hamsıer

Конструкция кормораздатчика была сконструирована таким образом, что бы максимально упростит работу тракториста и в тоже время сохранить все параметры надежности и износостойкости техники. Данная модель имеет полный гидравлический привод от бортовой гидравлической системы трактора и оснащена пультом управления прямо из кабины трактора. Для износостойкости бункер изготовлен из коррозионно-стойкой нержавеющей стали, а с целью повышения функциональности и удобства кормораздатчик снабжен с обеих сторон конвейером из нержавеющей стали. Лопасти специальной конструкции внутри бункера обеспечивают равномерность смешивания кормомеси.

Базовая комплектация: двусторонняя разгрузка через цепной конвейер из нержавеющей стали; бункер из коррозионно-стойкой нержавеющей стали; усиленный гидравлический насос; ножи фрезерного барабана для длинномерных компонентов; реверсивная перевешивающая гребенка; рукояточное управление.

Таблица 2.5 - Техническая характеристика навесной кормораздатчики Hamster

Наименование показателя	HFM 200
Высота, мм	2800
Ширина, мм	2020
Глубина, мм	250
Высота выгрузки, мм	0-600
Собственный вес, кг	1000
Общая ширина оборудования, мм	2100*
Общая длина оборудования, мм	2250
Требуемая потребляемая мощность, л.с.	35
Время загрузки, мин	6-8
Время выгрузки, мин	8-10

Фирма «Mayer Maschinenbaugesellschaft mbH» по программе *SILOKING* выпускает: коромраздатчики Trailed Line–New Generation – прицепные вертикальные одно- и духшнековые корморадатчики объемом бункера от 7 до 30 м^3; коромраздатчики Trailed Line–Classic - прицепные вертикальные одно- и двухшнековые кормораздатчики объемом бункера от 5 до 45 м^3; Self Line – самоходные вертикальные одно-, двух- и трехшнековые смесители-

Репозиторий БГАТУ

кормораздатчики объемом бункера от 12 до 30 м^3; StaticLine – стационарные смесители-дозаторы объемом от 3 до 80 м^3.

Для повышения маневренности фирма «Mayer Maschinen baugesellschaft mbH» оснащает свои *самоходные кормосмесители Siloking Self Line* шасси с тремя опорными колесами. Сдвоенные поворотные колеса размещены по центру задней части бункера (рис. 2.10). При этом поворотное устройство в задней части машины представляет собой поворачивающееся на 150 градусов сдвоенное колесо. В результате обеспечивается высокая манёвренность при крайне малом диаметре разворота.

Загрузочная фреза шириной 2 м с 42-мя загрузочными изогнутыми ножами и специальными направляющими лопатками, которые находятся сразу за ножами максимально сохраняет структуру кормов и оптимизирует качество кормосмеси. Транспортер подает компоненты кормосмеси в бункер для смешивания. В бункере перемешивание кормов обеспечивает шнек.

При приготовлении смешанного рациона применение самоходных смесителей-кормораздатчиков позволяет сэкономить до 50% времени по сравнению со смесителями, требующими погрузчика. Ребристый бункер замедляет круговое движение корма обеспечивает вертикальное смешивание. Турбо-шнек с дополнительным смещенным витком интенсифицирует смещение компонентов рациона, при этом вращается медленно и сохраняет структуру корма. Регулируемый скребок поднимает со дна мелкие компоненты и вмешивает их в смесь, что позволяет загружать компоненты в любой очередности. Центральное расположение привода обеспечивает грамотное распределение веса и дополнительную тягу на передней оси. Выдвижной разгрузочный транспортер может работать в любой позиции и приспособлен под любые кормовые столы. Трехточечная концепция шасси самоходного кормораздатчика-смесителя SILOKING с управляемым задним мостом дает точное маневрирование в силосной траншее и коровнике при внешним радиусе разворота о 4,5 до 5,75 м. Применение интеллектуальной системы управления по шине CAN, повышает эффективность работы. Вся необходимая информация отражается на 7-дюймовом дисплее.

Рисунок 2.10 - Самоходный смеситель-кормораздатчик Siloking Self Line 4.0

Для прицепных вертикальных смесителей-раздатчиков предлагается муфта с гидравлическим управлением, позволяющая подключать смесительные шнеки последовательно.

В комбинации с расположенным спереди на бункере соломоразбрасывателем диаметром 1,53 м прицепной раздатчик можно использовать также для разбрасывания подстилки на дальность разбрасывания до 20 м. Имеется возможность установки бесступенчатого изменения скорости поперечного ленточного транспортера.

Итальянская фирма «Seko» выпускает *кормораздатчики серии Serie SAMURAI 5* (с горизонтальными шнеками) и TIGERVM (с вертикальными шнеками). Самоходная модель

Репозиторий БГАТУ

серии SAMURAI 5 SELF (рис. 2.11) с объемом бункера от 11 до 20 м^{3}спроектирована для ежедневного использования в крупных животноводческих комплексах. Выпускаются с загрузочной фрезой или без нее. Фреза обеспечивает производительность до 2 т/мин. Возможность движения в «автомобильном» режиме делает машины высокоманевренными и простыми в управлении. Прицепная модель серии SAMURAI **5** выпускается с грейферным погрузчиком, загрузочной фрезой или без загрузочной фрезы с объемом бункера от 5 до 30 м^3. Версия с системой VULCAN предназначена как для раздачи корма так и для измельчения и разбрасывания соломы из тюков или рулонов на расстояние до 17 м.

а) б)

Рисунок 2.11- Кормораздатчики SEKO серии SAMURAI 5 (а) и TIGERVM (б)

Для внутрифермского использования фирма «Seko» выпускает *самоходный кормосмеситель SAMURAI 5 Self 400-450* вместимостью бункера 5, 7, 9 и 11 м^3, с загрузочным устройством в виде фрезы. Отличительные особенности этой машины: наличие шасси специальной конструкции (установлено на трех колесах, имеет низкий дорожный просвет для повышения устойчивости и др.) и отсутствие кабины. Для размещения оператора, управляющего работой машины, предусмотрена специальная открытая платформа (рис. 2.12).

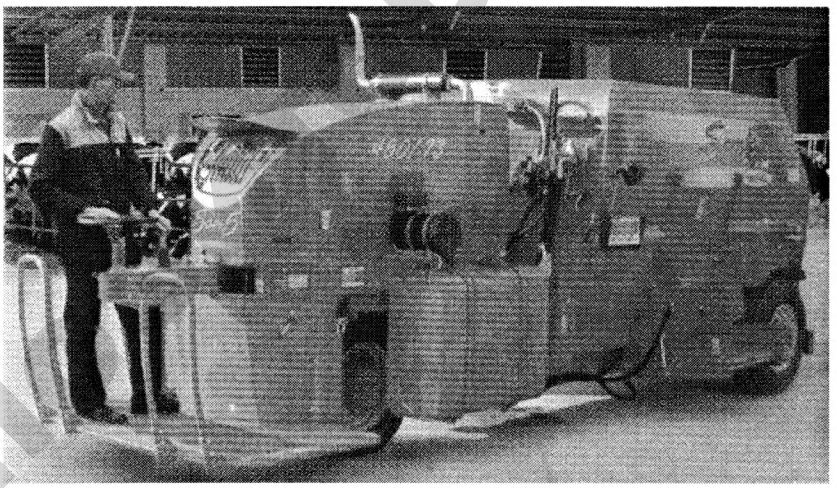


Рисунок 2.12 - Кормосмеситель SAMURAI 5 Self 400-450

Фирма «Kuhn» (Франция) предлагает прицепные смесители-кормораздатчики с вертикальными шнеками: EUROMIX I серия 70 объемом бункера от 8 до 27 м^3 с боковой подачей; EUROMIX I серия 80 объемом бункера от 9 до 27 м^3 с поперечной подачей; PROFILE объемом бункера от 14 до 18 м^3 поперечная подача; EUROMIX PLUS объемом бункера от 9 до 27 м^3 и системой выдувания соломы.

Основанная в 1828 году Джозефом Куном в форме скромной деревенской кузницы (Франция, г. Саверн), компания Кун сначала специализировалась на производстве весов и приборов для взвешивания.

Смесители-кормораздатчики KUHN сконструированы для приготовления смесей, которые соответствуют физиологическим потребностям жвачных животных. Предлагаются с горизонтальными или с вертикальными шнекамии емкостью бункера от 8 м³ до 27 м³. Электронная система взвешивания, входящая в стандартную комплектацию, обеспечивает точный контроль количества загруженных и розданных ингредиентов рациона: существенный элемент управления запасов корма. Выпускаются смесители-кормораздатчики Euromix I серия 70 (объем бункера от 8 до 27 м^3, боковая подача); Euromix I серия 80 (объем бункера от 9 до 27 м^3, поперечная подача); Profile (объем бункера от 14 до 18 м^3, компактная версия, поперечная подача); Euromix Plus (объем бункера от 9 до 27 м^3, оснащены системой выдувания соломы).

Модели смесителя-кормораздатчика EUROMIX I с одним вертикальным шнеком (рис. 2.13) совместимостью бункера от 8, 10 и 12 м^3, приготавливающие комбинированные кормовые смеси с исключительными питательными свойствами. Модели с двумя вертикальными шнеками (рис. 2.14) доступны с объемом бункера 16, 20, 22, 25 и 27 м^3. Форма корпуса и положение и профиль шнеков разработаны для обеспечения свободного перемещения продуктов в машине, обеспечивая однородное смешивание.

Смесители-кормораздатчики Euromix I серия 70в стандартной комплектации оборудованы прямой раздачей. Равномерность потока корма достигается благодаря особо сориентированной по направлению движения продукта позиции двери. Разгрузочная дверь оснащена автоматической заслонкой с защитным чехлом. Установленная пластина-дефлектор исключает наезжание колес на уже розданный волокнистый корм. Возможна установка поливинилхоридной конвейерной ленты для раздачи накоровой стол. Благодаря смесительному шнеку малого диаметра мощность на привод машин Euromix I серия 70 снижена до необходимого минимума: 60 л.с. Также доступна опция одновременной раздачи корма на две стороны.

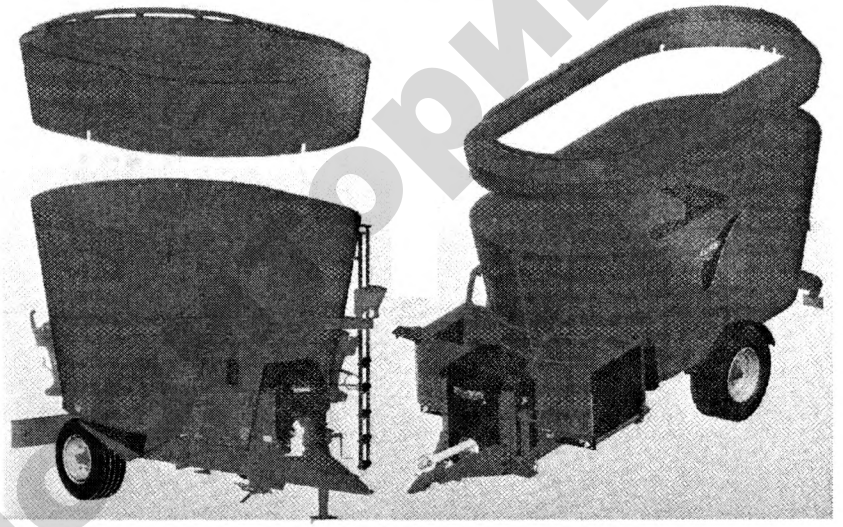


Рисунок 2.13 – Смесители-кормораздатчики Euromix I с надставками над бункерами: а) с одним вертикальным шнеком; с двумя вертикальными шнеками

EUROMIX I серии 80 предназначены для раздачи корма в узкую полосу, так как благодаря транспортеру возможна раздача корма вправо и влево не превышая ширины трактора. Доступны модели 8-ми различных емкостей бункера: 9, 11, 13, 15 м^3 - для машин с одним шнеком; 18, 22, 25, и 27 – для машин с двумя шнеками. Что позволяет накормить 45…215 голов. Эта гамма смесителей-раздатчиков с вертикальным шнеком обладает всеми преимуществами линейки машин EUROMIX: лестница и наблюдательный мостик для проверки качества вторичного измельчения и смешивания, независимая от бункера рама с высокой точностью взвешивания, а также взвешивание при зависимом бункере, что важно при наполнении и транспортировке только с одним трактором, система программированного взвешивания Т10 с большим графическим экраном, скошенный бункер и два противорежущих ножа для получения гомогенной смеси и измельчения длинноволокнистых кормов, крепление

Репозиторий БГАТУ

шнека на конических роликовых подшипниках, кованый ведущий вал в закрытой коробке передач.

Размеры моделей EUROMIX I серии 80 позволяют раздавать корма в самых узких помещениях: общей шириной 2,44 м. Форма бункера обеспечивает его большую вместимость и вместе с тем малую высоту: полезная емкость 9 м^3 при высоте 2,46 м.

Для обеспечения равномерной раздачи волокнистых кормов с левой или правой стороны эффективность поливинилхлоридной ленты оптимизирована широко открывающейся разгрузочной дверью. На каждом конце поперечного конвейера установлен гидравлический мотор, обеспечивающий постоянное натяжение ленты вне зависимости от направления ее движения.

Подача корма смесителями серии Profile, в основе лежит конструкция Euromix I серия 80, осуществляется установленными спереди поперечным конвейером. Кормосмесители серии Profile доступны с тремя вариантами емкостей бункера 14, 16 и 18 м^3. Смесители серии Profile, оснащенные двумя вертикальным шнекам, обеспечивают оптимальный компромисс между полезным объемом и габаритной высотой. Колеса заглублены в корпус для уменьшения габаритной ширины:2,40 м в модификации 14 м^3. При этом сохраняется значительный дорожный просвет (390 мм), что дает возможность использования в зданиях с неровными полами.

Фирма «Kuhn» предлагает хозяйствам, намеревающимся в ближайшей перспективе увеличить поголовье коров, вертикальные смесители-кормораздатчики Euromix I серий 70 и 80, вместимость которых может быть увеличена путем надстройки на существующий бункер дополнительной емкости в виде кольца или надставки (см. рис. 2.13). При этом вместимость бункеров моделей с одним вертикальным шнеком может быть увеличена на 2 или 4 м^3, с двумя — на 4 или 6 м^3.

Для регулирования интенсивности измельчения устанавливаются два регулируемых противорежущих ножа.

Основанные на технологии смесителей с одним или двумя шнеками Euromix I, машины Plus оснащены выдувателем соломы.

Машины Euromix Plus доступны в следующих вариантах емкостей бункера 11, 13, 15, 23, 25 и 27 м^3. Они обеспечивают раздачу смешанных кормов через боковую разгрузочную дверь. Для помещений с узкими проходами выдуватель может быть оснащен раструбом с гидроприводом, с углом поворота до 300 градусов. Электрическая регулировка скорости работы турбины позволяет изменять количество выдуваемой соломы. Форма ротора подачи, обеспечивает «вытягивание соломы», гарантирует выход продукта из корпуса машины, исключает чрезмерное измельчение соломы смесительным шнеком (рис. 2.14).

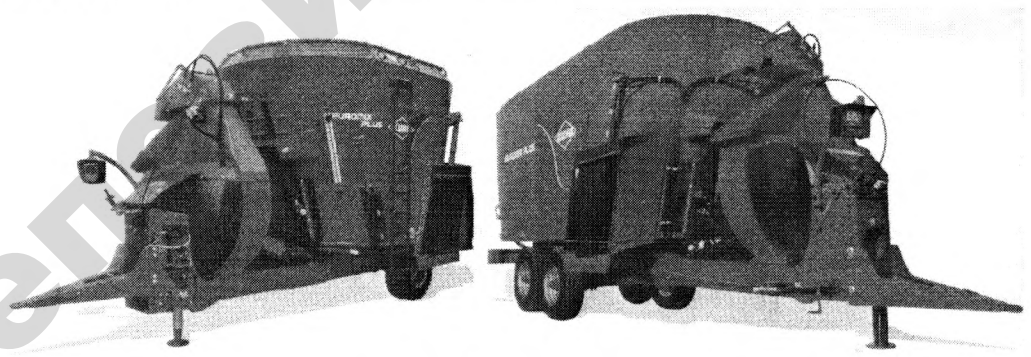


Рисунок 2.14 - Смеситель-кормораздатчик и выдуватель соломы

Система выдувания соломы (на расстояние до 18 м) состоит из расположенной между корпусом и турбиной (диаметром 1540 мм) конвейерной ленты, изготовленной из ПВХ (рис. 2.15). Электрическая регулировка скорости работы турбины позволяет изменять количество выдуваемой соломы. Гидравлически приводимый от конвейера, ротор согласуется со скоростью работы конвейера, обеспечивая равномерную подачу соломы на турбину. Форма

Репозиторий БГАТУ

ротора подачи обеспечивает «вытягивание соломы», исключая чрезмерное измельчение соломы вертикальным смесительным шнеком.

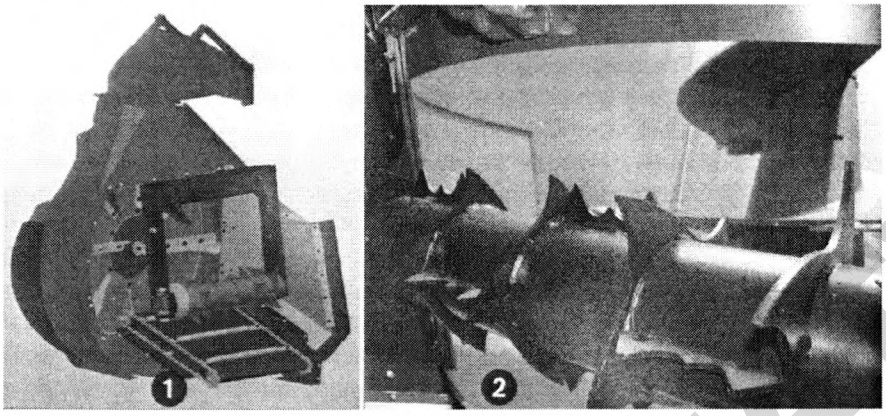


Рисунок 2.15 - Выдуватель соломы в смесителе-кормораздатчике Euromix Plus

Созданные для приготовления волокнистых кормов, *смесители раздатчики EUROMIX II* (рис. 2.16)оборудованы двумя горизонтальными шнеками, которые снабжены ножами для ускорения резки, и имеют симметричную конструкцию для равномерной и одновременной раздачи слева и справа. Модели смесителя-раздатчика EUROMIX II с вместимостью от 10 до 18 $м^3$ и двумя шнеками.

Рисунок 2.16 - Смесители-коромраздатчики Euromix II

Смесители-коромраздатчики Euromix II имеют следующие преимущества: оптимальную вместимость бункера для кормления максимально возможного количества животных за один проход; хорошее качество смешивания компонентов и получение комбинированных кормовых смесей с исключительными питательными свойствами; высокая производительность машин за счет простого и быстрого наполнения бункера, высокой скорости смешивания, легкого обслуживания и быстрой раздачи; машины серийно оснащены двумя выходами для одновременной раздачи корма на две стороны; вращающиеся в противоположных направлениях шнеки переносят смешиваемые компоненты к середине машины, а затем передняя и задняя стенки бункера, имеющие угол наклона 30 градусов, направляют смесь назад к полу бункера и шнекам. Это приводит к циркуляции смеси по всему бункеру и увеличивает полезно используемый объем бункера; шнеки оснащены треугольными секциями, которые имеют повышенную стойкость к повреждениям (толщина материала 5 мм) и эффективно измельчают волокнистые корма.

Выдуватель-раздатчик соломы Primor (рис.2.17) имеет возможность раздачи длинноволокнистого корма, обеспечивается раздача кормов любого типа (силос, сено, сенаж). Машины имеют простую и современную конструкция, а модели с механизмом UNROLL

Репозиторий БГАТУ

SYSTEM (по заказу только для Primor 5060) позволяет выдувать и раздавать солому и корм, имея в кузове два круглых тюка диаметром 1,80 метра или три круглых тюка диаметром 1,50 метра, без риска забивания и неравномерности раздачи.

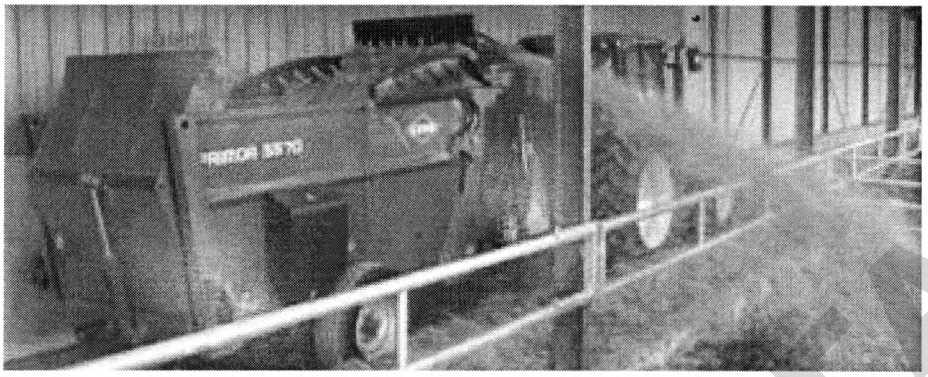


Рисунок 2.17 – Прицепной выдуватель-раздатчик соломы Primor 3570 M

Бункер легко загружаются благодаря откидному борту, приводимому гидравлически и опускающемуся на землю. Дождевидный способ выдувания соломы обеспечивает равномерность распределения соломы на единицу площади

Особенностью турбины для выдувания фуража является из восьми лопастей наличие у двух с увеличенной длины, что обеспечивает дождевидное равномерное распределение.

Раздаточный ротор оборудован секциями с ножами, установленными перпендикулярно оси ротора, чтобы сохранить структуру продукта, избегая эффекта «фрезеровки». Благодаря своей форме и размещению, гребенки, установленные между дисками распределяют фураж по всей длине ротора, и этим обеспечивается равномерное снабжение турбины. Ротор большого диаметра вращается со скоростью 400 мин$^{-1}$, сокращая риск наматывания самых длинных волокон.

Выдуватель соломы КУН модели PRIMOR 4260 M CUT CONTROL имеет: возможность работы с (или без) измельчением массы. Его также можно использовать для укладки мелкой (для стойла) и длинной фракции (для подстилки), и, в тоже время, сохранить возможность раздачи грубых кормов (таких как сено и сенаж). В бункере умещаются тюки или рулоны, с габаритами 1,20 м или 1,50 м.

С рабочего места в кабине, оператор может настроить 2 гидравлически приводимых контр ножей, которые, в зависимости от своего положения, регулируют длину резки сухой массы до 4 см. В поднятом положении, под действием центробежных сил, лопатки между ножами образуют форму лопасти вентилятора для выдувания длинностебельной массы на 17 м и раздачи корма (силос, сено или сенаж), как и на других моделях линейки КУН - PRIMOR M с фиксированными лопатками.8 лопастей турбинного колеса оборудованы 5-6 ножами, расположенными в шахматном порядке (всего 44 ножа).Скорость вращения турбинного колеса достигает 50 м/с для чистого и острого среза. Лопатки между ножами образуют форму лопасти вентилятора для выдувания длинностебельной массы на 17 м и измельченной соломы на 9 м.

Навесной агрегат Primor 2060M (рис. 2.18) увеличивает маневренность в узких проходах - загружной бункер вмещает круглый рулон диаметром до 1,80 м или прямоугольный тюк длиной до 2,7 м - независимый от турбины раздаточный ротор: небольшая требуемая мощность - Polydrive®-Antrieb ременная передача, отключаемая гидравлически - поворотный раструб на 300°(доп. оборудование) - разбрасывание выдуванием до 18 м направо и раздача длинноволокнистого корма (сено, силос).

Репозиторий БГАТУ

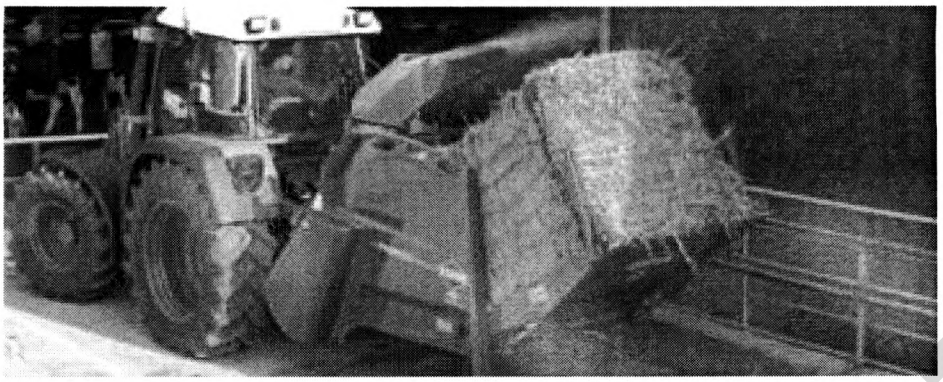


Рисунок 2.18 – Навесной выдуватель-раздатчик соломы Primor

Фирма LUCAS G выпускает кормосмесители SPIRMIX с вертикальными шнеками (от одного до трех) объемом от 12 до 46 м^3. Раздача, в зависимости от модификации, осуществляется через переднюю или заднюю дверь или транспортером раздачи. Кормосмесители оснащаются катаным и расширяемым к верху бункером. Для ускорения измельчения в бункере устанавливаются перевернутые противорежущие ножи. Раздача через дверь – самое простое решение для раздачи рационов, состоящих в основном из силоса (рис. 2.19).

Для предотвращения попадания кормов под колеса машины устанавливается желоб под дверью. Для раздачи рационов с грубыми кормами используют поперечный конвейер. Конвейер можно выдвигать вручную на 300 мм или гидравликой на 375 мм. Для разбрасывания подстилки и раздачи всех видов фуража устанавливается комплексC-KATOR, позволяющий выдувать солому более чем на 18 м. Состоит из механического разматывателя с зубчатыми дисками, неподвижной гребенки и механо-сварной шести лопастной турбиной диаметром 1,6 м. Предлагаются 3 различных типа гусаков: боковой – выдув соломы на 18 м (рис. 2.20, а); SMART – выдув соломы на 19 м в бок или на 12 м вдоль машины (рис. 2.20, б); поворотный на 270° - выдув соломы на 15 вправо и выдув соломы на 13 влево(рис. 2.20, в). Блок выдува позволяет разделать один тюк менее, чем за 7 минут с фракциями измельчения от 4 до 15 см.

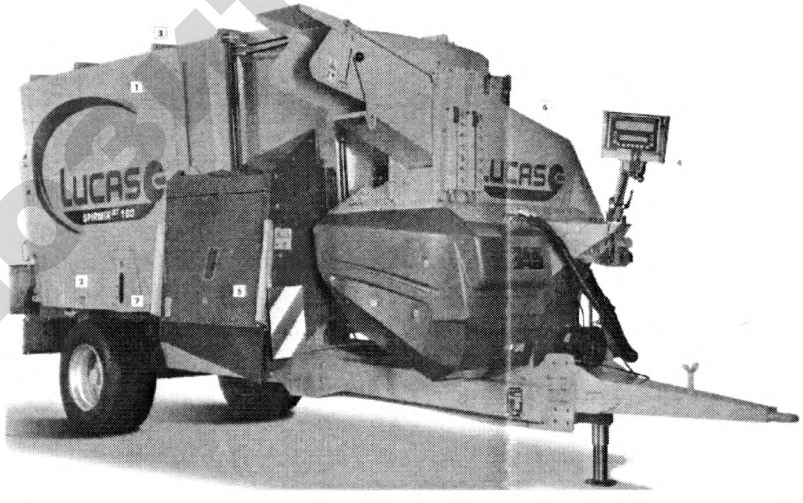


Рисунок 2.19 - Кормосмеситель-кормораздатчик SPIRMIX JET 160 с комплексом для подстилки фирмы LUCAS G

Репозиторий БГАТУ

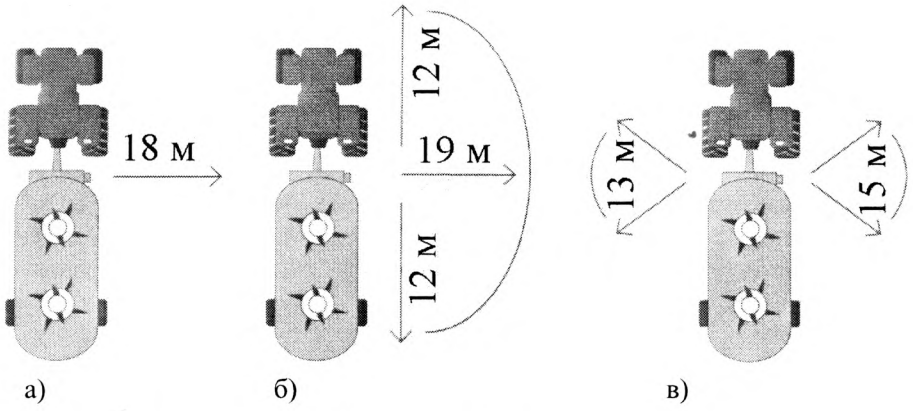


Рисунок 2.20 - Варианты разбрасывания соломы

Также фирмой LUCAS G разработаны и выпускаются кормораздатчики-соломораздатчики CASTOR+R в навесном и прицепном вариантах с возможностью самозагрузки при помощи задней подъемной двери. Для роспуска тюков применяют два типа разматывателей: «CASTOR+» - для тюков в пленке с длинными стеблями; «POLYFEED» - для коротких стеблей. Тюки к разматывателю подаются цепочно-планчатым конвейером, установленным на днище бункера.

Канадская фирма Penta освоила в России производство мобильных кормосмесителей на базе шасси автомобиля КамАЗ - ПЕНТА МКС 20, ПЕНТА МКС 30 и ПЕНТА МКС 20С (рис. 2.21).

Рисунок 2.21 - Кормосмеситель ПЕНТА МКС-20С

В бункере объемом 20 или 30 м^3 устанавливаются 2 шнека интенсивного измельчения и смешивания с ножами трех типов: нож Агрессор; Режущий нож; Треугольный нож. Отсутствие зазора между плоскостью пола смесителя и подвижным контуром саморегулируемого пластикового скребка нижней направляющей плоскости шнека ТОРНАДАО уменьшает сопротивление при вращении шнека и обеспечивает очистку рабочей камеры смесителя. Опционально кормосмеситель оснащается гидравлическим погрузчиком со сменными рабочими органами: захват для тюков; ковш с фрезой; грейфер; вилы с центральной пикой. Кормосмесители оснащаются электронным весоизмерительным устройством Digi-Star. Время замеса с раздачей одной порции составляет 20-25 минут.

Trioliet была основана в 1950 году тремя братьями Лиета. Семейное предприятие специализируется на разработке, производстве и поставке индивидуальные механизированные и автоматизированные решения для кормления крупного рогатого скота.Фирма TRIOLIET выпускает смесители-кораздатчики прицепные (Solomix)и самоходные (Smartrac, Triotrac, Truckmount), самозагружающиеся смесители-кораздатчики (Triomix), стационарные смесители (Solomix), автоматические системы кормления (Triomatic), раздатчики силосных блоков (Turbobuster). Система взвешивания Triotronic обеспечивает высокую точность для контроля рациона.

Репозиторий БГАТУ

Смесители-кормораздатчики TRIOLIET предназначены для приготовления и раздачи сбалансированного корма на кормовой стол путем разрыхления и перемешивания исходных продуктов с различной степенью содержания влаги (силоса, сенажа, соломы, кормовых добавок и пр,), а также фуражных продуктов, сформированных в объемные рулоны или тюки.

Самоходные и прицепные кормораздатчики Solomix (рис 2.22): серии VLH - объемом бункера от 8 до 24 м^3 оснащены одним или двумя вертикальным шнеками и поперечным транспортером для выгрузки в передней части; серии ZK - объемом о 5 до 14 м^3 с выгрузкой через боковые клапаны; серии P – объемом от 10 до 30 м^3, оснащаются выдувателем соломы, а также системой увлажнения соломы. Двух и трехшнековые смесители кормораздатчики имеют в бункере ассиметричные клиновые вставки для эффективного горизонтального смешивания и полной выгрузки. Ножи шнека расположены на лопасти параллельно днищу бункера для оптимизированного резания, что позволяет снизить энергоемкость процесса измельчения.

Рисунок 2.22 - Смеситель-раздатчик прицепной TRIOLIET Solomix 2

Самозагружающийся смеситель-кормораздатчик серии Triomix объемом бункера от 8 до 16 м^3 с одним или двумя шнеками оснащаются активными или пассивными ножами. Отрезание порции пассивным ножом осуществляется под давлением (рис. 2.23).

Фирмы «Strautmann GmbH» (Германия), «Mayer Maschinen baugesellschaft mbH» (Германия), «Kuhn» (Франция), «Bv Lvan Lengerich» (Германия) и другие оснащают вертикальный рабочий орган также дозирующими лопастями. Кроме того, некоторые фирмы для повышения жесткости конструкции бункера и предотвращения выпадения из него крупных частей рулонов или тюков во время приготовления кормосмеси оснащают свои кормосмесители по контуру верхней части бункера дополнительным элементом жесткости. Он может устанавливаться в пределах габаритного размера бункера по высоте или находиться на некотором расстоянии над верхней кромкой бункера.

Раздаточные устройства вертикальных смесителей-кормораздатчиков также совершенствуются. Если ранее для разгрузки кормосмеси использовалось окно в бункере машины (выгрузка корма осуществлялась с большой неравномерностью), то в последнее время для этой цели чаще стали использовать поперечные транспортеры. При этом для повышения надежности и снижения уровня шума используют резиновую или изготовленную из полимерных материалов ленту транспортера, что значительно улучшает равномерность раздачи корма вдоль кормушки.

Репозиторий АТУ

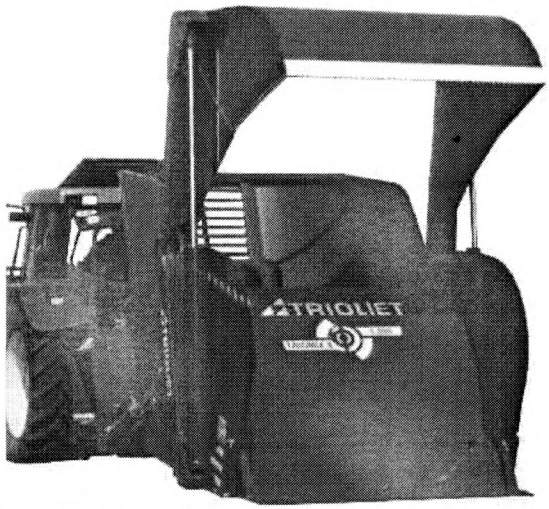


Рисунок 2.23 - Самозагружающийся смеситель-кормораздатчик Triomix S1

Совершенствуются рабочие органы и горизонтальных кормосмесителей. Так, кормосмесители фирмы «StortiS.p.A.» (Италия) оснащены новой трехшнековой системой измельчения-смешивания, основной шнек которой имеет плоские профильные лопасти со съемными ножами двусторонней заточки (рис. 2.24).

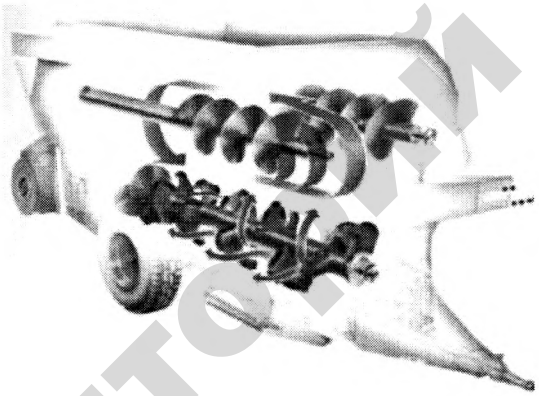


Рисунок 2.24 - Система измельчения-смешивания кормосмесителя Labrador

Такая конструкции шнека позволяет получать кормосмеси более высокого качества. Эти машины оборудованы гидравлически регулируемыми (по высоте) выгрузными устройствами с обеих сторон установки, которые дополнительно оборудованы уловителями металлических включений. Сцепное устройство и блок управления кормосмесителем регулируются по высоте и длине, обеспечивая максимально удобное и безопасное рабочее место оператору. Система электронного взвешивания оснащена тремя тензодатчиками, устанавливаемыми в цапфах колес и сцепном устройстве. В базовой комплектации все кормосмесители оснащены электронным блоком управления Happy Feeder (ручное управление). По желанию заказчика может быть установлен блок VideoActiv, который способен запоминать 99 рецептов кормосмесей из 24 компонентов каждый и оснащен легко читаемым дисплеем.

Высокое качество приготовляемой кормосмеси в значительной мере зависит от работы весоизмерительного терминала смесителей-кормораздатчиков. В настоящее время наметилась тенденция расширения функциональных возможностей используемых систем электронного взвешивания. Если первые такие системы выдавали информацию о количестве загружаемой в кормосмеситель порции корма, то последующие разработки позволяли программировать от 8 до 20 рационов из соответствующего количества компонентов, а в настоящее время используются системы, позволяющие составлять до 100 рационов. Так, фирма «Himel»

Репозиторий БГАТУ

(Германия) оснащает свои кормосмесители новой системой электронного взвешивания, которая позволяет сохранять в памяти до 99 рецептов и обеспечивает точность взвешивания до 1 кг. Весоизмерительный терминал кормосмесителей Samurai 5 фирмы «Seko» (Италия) обеспечивает сохранение в памяти 100 рецептов из 100 исходных компонентов.

Преимуществом программируемых электронных систем взвешивания по сравнению с обычными весами является то, что их можно включать в систему компьютерного менеджмента кормления и обеспечить точное предварительное задание количества корма, контроль и анализ работы со стороны руководителя предприятия. Внедрение такой системы особенно быстро оправдывает себя при часто меняющихся рационах, а также, если агрегат обслуживается несколькими работниками.

Повышение надежности смесителей-кормораздатчиков. В условиях интенсивной эксплуатации смесителей-кормораздатчиков (работают на ферме 365 дней в году) возрастают требования к их надежности. В связи с этим производители этой техники в последнее время уделяют пристальное внимание совершенствованию всех узлов и деталей кормосмесителей, направленному в первую очередь на увеличение срока их безотказной работы. Так, бункер и шнек нового вертикального кормосмесителя Feeder VM 16-2 фирмы «JF-Stoll» (Германия) выполнены из мелкозернистой стали S650, применение которой позволяет в 3 раза увеличить срок службы этих, наиболее подверженных износу, изделий (по сравнению с применяемой ранее сталью S355). На практике это означает, что стенка бункера толщиной 6 мм из стали S650 по сроку службы равноценна стенке из стали S355 (ST52) толщиной 17 мм. Мелкозернистая сталь не только увеличивает срок службы, но и обеспечивает уменьшение массы изделия до 3 тыс. кг (в зависимости от типа кормосмесителя). Более низкая масса способствует снижению износа шин при транспортировке, обеспечивает экономию энергоресурсов и позволяет использовать для перемещения кормосмесителя маломощные тракторы.

Фирма «Kuhn» оснащает рабочие органы своих вертикальных смесителей-кормораздатчиков EuromixI серий 70 и 80 приводом, высокая надежность которого подтверждена многолетней эксплуатацией на ротационных боронах этой фирмы. Техническое обслуживание таких приводов намного проще, чем традиционных.

Приводы шнеков вертикальных кормосмесителей, выпускаемых фирмой «Mayer Maschinen baugesellschaft mbH» под торговой маркой Siloking, оснащены конусными редукторами с зубчатым планетарным механизмом, которые считаются самыми надежными на сегодняшний день на рынке. Редукторы в кормосмесителях Siloking - с двумя вертикальными шнеками имеют сквозной вал, который увеличивает долговечность карданного вала.

Фирма «Zago» (Италия) для повышения надежности и обеспечения длительной эксплуатации своих машин изготавливает боковые стенки бункеров увеличенной толщины (8мм), а днище толщиной 20 мм.

В последнее время фирмы-производители отмечают увеличение спроса потребителей на самоходные кормосмесители. В связи с этим расширяется и спектр поставляемой на рынок самоходной техники. Так, фирма «Kuhn» в дополнение к выпускаемым ранее самоходным смесителям-кормораздатчикам серии SP (с системой измельчения-смешивания в виде двух горизонтальных шнеков) освоила производство самоходных кормосмесителей новой серии SPVc одним вертикальным шнеком (рис. 2.25). Они рассчитаны на фермы с поголовьем более 80 молочных коров. Выпускаются два типа машин с бункерами вместимостью 10 и 14м^3. Загрузочное устройство выполнено в виде фрезы шириной 2 м, высотой забора корма до 4,5 м и производительностью до 180 т/ч. Двигатель мощностью 104 кВт размещен в задней части кормосмесителя за бункером машины. Обе модели кормосмесителей SPV серийно оснащены электронной системой взвешивания T75, состоящей из компьютера и весоизмерительного терминала, а также автоматической системой регулирования скорости опускания фрезы.

С целью расширения области применения самоходных кормосмесителей фирмы-изготовители ведут активную работу по повышению их маневренности. Так, фирма «Himel» предлагает потребителям свою новинку - кормосмеситель серии SPV, отличительной особенностью которого являются задние поворотные колеса, что позволяет уменьшить радиус поворота машины до 4,95 м и создает хорошие предпосылки для использования ее на фермах с узкими кормовыми проходами и небольшими прифермскими площадками. Вместимость бункера этой машины 13-15 м^3 при мощности двигателя 104 кВт.

Репозиторий БГАТУ

Рисунок 2.25 – Самоходный смеситель-кормораздатчик SPV 14

Одним из приоритетных направлений развития смесителей-кормораздатчиков с учетом различного уровня развития инфраструктуры предприятий является их конструктивное исполнение по модульному принципу. Эта концепция реализована в вертикальном кормосмесителе Feeder VM 16-2 фирмы «JF-Stoll», конструкция которого позволяет или непосредственно при изготовлении, или позднее установить до пяти разгрузочных люков различного исполнения на бункере машины.

Известные преимущества вертикального смесителя-кормораздатчика с преимуществами горизонтального (компактность и наличие шин большого размера рядом с бункером) удалось объединить фирме «Strautmann GmbH» в модельном ряду новых вертикальных кормосмесителей Verti-Mix DoubleK. Отличительной особенностью новых машин является то, что в их бункере установлены два вертикальных шнека разного диаметра (диаметр шнека, расположенного в передней части бункера, больше, чем расположенного в задней его части). Днище бункера машин также имеет соответствующую размерам шнеков конфигурацию (т. е. спереди оно шире, чем сзади). Размещение колес в задней части бункера уменьшает ширину кормосмесителей, что позволяет использовать их и в помещениях с узкими кормовыми проходами. Кроме того, смещение оси колес назад дает возможность смонтировать ряд дополнительных устройств в задней части машины (например, поперечный транспортер или воздуходувку для соломы) без ущерба для распределения опорной нагрузки.

Такая конструктивная особенность новых кормосмесителей позволяет использовать для агрегатирования с ними менее мощные тракторы. Измерения при тестировании машин показали, что величина требуемого крутящего момента на привод новых смесителей-кормораздатчиков на 15% меньше, чем аналогичных кормосмесителей с одинаковыми размерами шнеков. При этом качество выполнения технологических операций измельчения и смешивания соответствует требуемому уровню. Кормосмесители Verti-Mix DoubleK выпускаются с бункерами вместимостью 13 м^3, 15, 18и21м^{3}и предназначены для обслуживания ферм с поголовьем до 75 коров.

Снижение потребной мощности на выполнение технологических операций кормосмесителями можно обеспечить за счет использования понижающей передачи (на кормосмесители устанавливается редуктор). При этом испытания шести смесителей-кормораздатчиков различных фирм-изготовителей (система измельчения-смешивания которых состояла из двух вертикальных шнеков), проведенные специалистами журналов «Borderij» (Нидерланды) и «Top agrar» (Германия), показали, что значения потребной мощности в этом случае можно снизить до 33%.

Для улучшения условий труда работников фирма «Bv Lvan Lengerich» устанавливает на всех моделях серии V-Mix-LS/LZ телекоммуникационную систему, включающую в себя две видеокамеры и дисплей с высоким разрешением, который размещается в кабине трактора. Одна камера устанавливается на задний борт, обеспечивая лучший обзор при движении назад, другая - на край бункера кормосмесителя, что позволяет оператору наблюдать и эффективно управлять процессами измельчения и смешивания кормов из кабины трактора.

Репозиторий БГАТУ

Уменьшить энергозатраты и металлоемкость процесса раздачи и формирования кормосмеси можно *мобильным модульным смесителем-раздатчиком* (рис. 2.26). Машина содержит два бункера – для объемных стебельчатых кормов и многокомпонентной высокоэнергетической добавки. Смешивание этих кормов животным производиться в непрерывном потоке – при движении кормораздатчика вдоль кормушек.

Рисунок 2.26 - Общий вид мобильного смесителя - раздатчика кормов:
1 – бункер для стебельчатых кормов; 2 – модуль для многокомпонентной высокоэнергетической добавки; 3 – дозирующая заслонка высокоэнергетической добавки; 4 – выгрузной цепочно-планчатый транспортер

Машина состоит из колесной базы, на которой закреплен бункер для стебельчатых кормов, по днищу которого, движется выгрузной цепочно-планчатый транспортер, перемещающий стебельчатые корма к выгрузному окну. Дозирование стебельчатых кормов осуществляется установленными перед выгрузным окном отбойными битерами.

Транспортировка, смешивание и выдача животным многокомпонентной высокоэнергетической добавки осуществляются в модуле, расположенном с противоположной стороны бункера стебельчатых кормов. Дозирование потока кормов через данное окно осуществляется регулировочной заслонкой.

Модуль (рис. 2.27) для многокомпонентной высокоэнергетической добавки представляет собой бункер 1, внутри которого, в одной горизонтальной плоскости, расположены два шнека 2, 3.

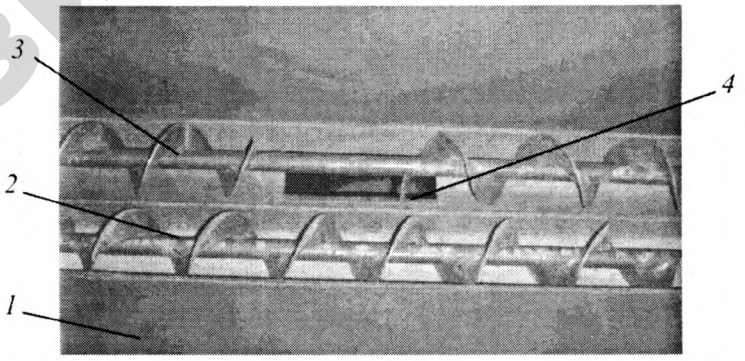


Рисунок 2.27 - Модуль для многокомпонентной добавки:
1 – бункер; 2, 3 – шнеки; 4 – выгрузной канал

Эти технические элементы смесителя выполняют две технологические операции – смешивание высокоэнергетических кормовых компонентов и подачу кормосмеси через выгрузной канал 4 на встречу находящихся во взвешенном состоянии стебельчатых кормов.

В соответствии со схемой мобильного модульного смесителя-раздатчика кормов составлена пооперационная технологическая схема рабочего процесса мобильного (рис. 2.28).

Репозиторий БГАТУ

Рисунок 2.28 - Пооперационная схема рабочего процесса мобильного модульного смесителя-раздатчика кормов

При раздаче кормов животным стебельчатые корма дозированно поступают с бункера на поперечный выгрузной транспортер. Высокоэнергетические корма через выгрузное окно, выполненное в рабочей зоне витков шнека, поступают на поток стебельчатых кормов. Кормосмесь формируется из пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов. Реализованная в машине технология раздачи кормов животным снижает энергоемкость процесса на 10,1 %.

Технологический процесс подготовки кормосмеси мобильным смесителем-измельчителем-раздатчиком осуществляется по схеме, представленной на рис. 2.29.

Рисунок 2.29 - Схема приготовления кормосмеси мобильным измельчителем-смесителем-раздатчиком с весоизмерительным устройством и механизмом самозагрузки

Кормораздатчик-смеситель подъезжает к месту хранения кормов, которые подают в него погрузчиком. Во время транспортирования до помещения фермы компоненты тщательно перемешиваются и до измельчаются, а затем равномерно распределяется вдоль кормушек.

Репозиторий БГАТУ

Однако приготавливая данными машинами кормосмесь, не обеспечивает индивидуальное кормление животных, поскольку высокоэнергетические корма скармливаются животным без учета их продуктивности. Такая неравномерность раздачи кормов снижает их энергетическую отдачу – кормосмесь для определенной группы животных приводит к снижению продуктивности других групп. Неадекватность по питательности скармливаемых кормов потребностям животных является также причиной снижения общего уровня удоев.

2.2.2 Электромобильные кормораздатчики для крупного рогатого скота

Электромобильный кормораздатчик с аккумуляторно-кабельным питанием (КЭМ) (рис. 2.30) предназначен для доставки и раздачи грубых и сочных и концентрируемых кормов в родильных отделениях, телятниках и узкогабаритных: помещениях для содержания КРС.

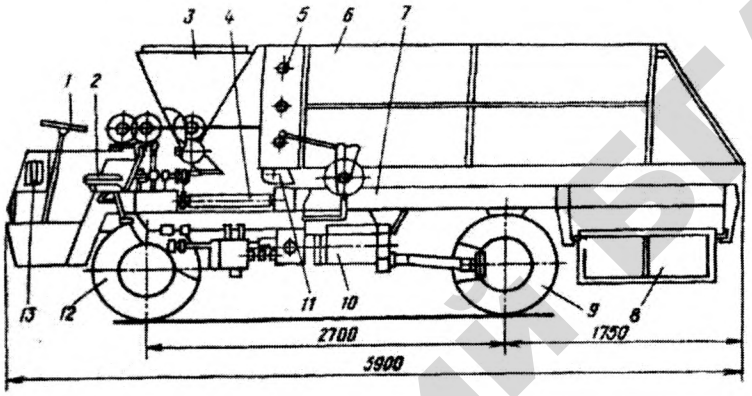


Рисунок 2.30 - Электрифицированный мобильный кормораздатчик с аккумуляторно-троллейным питанием

Он создан на базе электрокары ЭПВ-3002В и состоит из рамы 9, ведущих 10 и управляемых 14 колес. На раме установлены: бункер грубых и сочных кормов 5 с продольным цепочно-планчатым транспортером 7, кормовыдающими битерами 6 и поперечным выдающим транспортером 12, бункер концентрированных кормов 3 с кормовыдающим шнеком 4.

Привод механизма передвижения кормораздатчика осуществляется от электродвигателя постоянного тока 11(ДС-5) с питанием от аккумуляторных батарей 2 (40-5ЕК285), установленных на раме шасси в передней части кормораздатчика. Привод рабочих органов (шнека, битеров, продольного и поперечного транспортеров) - от асинхронного двигателя 13 АО2-41.4. с питанием от сети переменного тока 380 В через кабель-шторку. В передней части машины установлены рулевая колонка 1 и пульт управления 16 кормораздатчиком.

Механизм дозирования грубых и сочных кормов предназначен одновременно для передачи и реверсирования вращения от вала нижнего битера к ведущему валу продольного транспортера. Он состоит из криволинейно-шатунного механизма и цепной передачи. Направление движения продольного транспортера обеспечивается соответствующей установкой собачек и кожуха храпового механизма. Норма выдачи корма регулируется изменением скорости продольного транспортера путем перекрытия кожухом определенного числа зубьев храпового механизма. Регулирование производится с пульта управления при движении кормораздатчика

Привод дозатора - от индивидуального электропривода через эксцентрический кулачек, приводной рычаг и обгонную муфту. Изменение частоты вращения ротора дозатора осуществляется изменением угла поворота приводного рычага при помощи регулятора.

Электрифицированный мобильный кормораздатчик с аккумуляторное троллейным питанием ЭМКАТ (рис. 2.31) (конструкции ЦНИПТИМЭЖ) создан на базе кормораздатчика КТУ-10.

Репозиторий БГАТУ

Передвигается кормораздатчик при помощи электродвигателя постоянного тока РТ-17 напряжением 40 В, мощностью 4,2 кВт. Питание электродвигателя - от аккумуляторной батареи 876СТ-128, размещенной на шасси под бункером.

Транспортеры и битеры приводятся в работу от электродвигателя постоянного тока 5П-51 напряжением 220 В, мощностью 6 кВт с питанием от сети трехфазного переменного тока через выпрямитель и троллей. Норма выдачи корма регулируется аналогично КТУ-10.

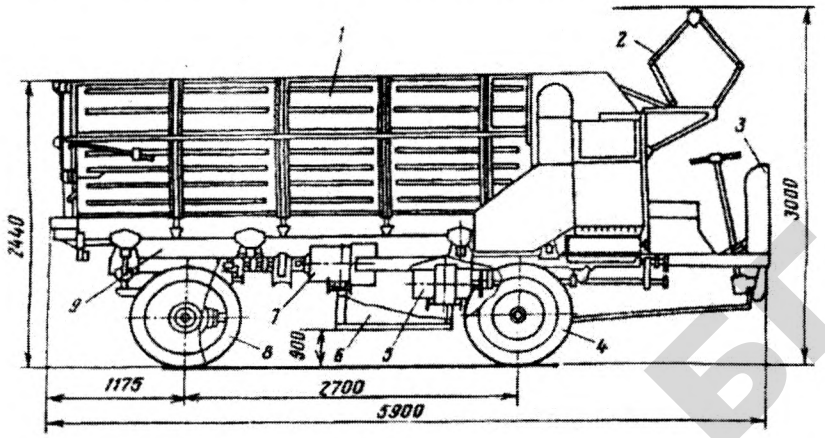


Рисунок 2.31 -Электромобильный кормораздатчик с аккумуляторно-кабельным питанием (КЭМ)

Электромобильный кормораздатчик с аккумуляторным питанием МАК (рис. 2.32) разработан на базе электрокары ЭТ-550.

Предназначен для тех же целей что и КТУ-10. Передвигается кормораздатчик от кормовой площадки к животноводческим помещениям по дороге с твердым покрытием. Раздача кормов производится в помещении с шириной кормового прохода 1,6 м, высотой кормушек 0,7 м, дверными проемами высотой 2,4 м.

Использование комбинированных способов питания способствует уменьшению емкости аккумуляторов, но усложняет условие эксплуатации. В то же время необходимость разработки комбинированных способов питания обуславливается тем, что щелочные аккумуляторные батареи имеют большое внутреннее сопротивление. Это является причиной значительных колебаний напряжения на клеммах аккумуляторной батареи при изменении тока нагрузки, что ведет к нарушению нормы выдачи кормов в процессе раздачи. Стартерные аккумуляторы (кислотные) типа 6СТ-128 емкостью 256 А·ч имеют достаточно стабильную разрядную характеристику. Они обеспечивают одновременную работу всех электроприводов кормораздатчика общей мощностью 12,5 кВт и эксплуатацию кормораздатчика МАК без подзарядки в течение шести дней.

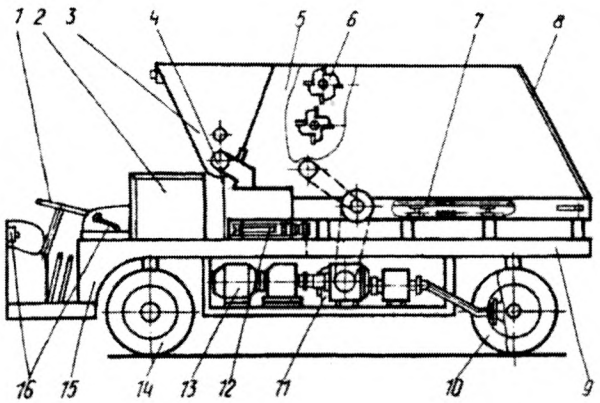


Рисунок 2.32 - Электромобильный кормораздатчик с аккумуляторным питанием

Репозиторий БГАТУ

2.3 Определение основных конструктивных параметров мобильных раздатчиков кормов

2.3.1 Определение площади выгрузного окна дозатора кормов

Важным элементом технологического процесса раздачи кормов животным является соблюдение заданной нормы выдачи их животным. Обеспечить беспрепятственную, дозированную, выдачу кормов можно только определив площадь выгрузного окна дозатора.

В общем виде площадь выгрузного окна можно определить по формуле

$$S_{ок} = \frac{Q_к}{v_к \ \rho}, \tag{2.1}$$

где $Q_к$– заданная максимальная норма выдачи кормов животным в единицу времени, кг/с; $v_к$– скорость движения корма в рабочей зоне выгрузного окна, м/с; ρ – плотность корма, кг/м^3.

Заданную максимальную норму выдачи кормов животным в единицу времени можно определить по формуле

$$Q = \frac{v_{раз}\, m_к}{l_{разд}}, \tag{2.2}$$

где $v_{раз}$ – скорость движения агрегата при раздаче кормов, м/с; $m_к$ – масса скармливаемых кормов, кг; $l_{разд}$– длина фронта кормления одного животного, м.

Скорость движения корма в рабочей зоне выгрузного окна можно определить по формуле

$$v_к = l_ч\, \omega_{тр}, \tag{2.3}$$

где $l_ч$ – расстояние от частицы корма до края выгрузного транспортера в рабочей зоне выгрузного окна, м; $\omega_{тр}$ – угловая скорость выгрузного транспортера, с$^{-1}$.

В формуле (7.42) неизвестной величиной является расстояние $l_ч$. Для его определения рассмотрим силы, действующие на частицу корма в момент схода с выгрузного транспортера:

– сила тяжести:

$$F_т = m_к g, \tag{2.4}$$

где $m_к$– масса частицы корма, кг; g– ускорение свободного падения, м/с^2;

– сила трения корма о выгрузной транспортер:

$$F_{тр} = f\, m_к\, g, \tag{2.5}$$

где f – коэффициент трения частицы корма;

– центробежная сила:

$$F_ц = m_к\, \omega_{тр}^{\ 2}\, l_ч, \tag{2.6}$$

– Кориолиссова сила:

$$F_{кор} = 2\, m_к\, \omega_ш \frac{dl_ч}{dt}_ч, \tag{2.7}$$

где dl_+ / dt_+ – скорость перемещения частицы в радиальном направлении, м/с; $t_ч$ – время перемещения частицы корма в радиальном направлении, с.

Сила трения частицы:

$$F_{тр\,л} = f\,(F_{кор} + F_{тр}). \tag{2.8}$$

Тогда с учетом перечисленных сил получим дифференциальное уравнение относительного движения частицы корма:

$$-m_к \frac{d^2 l_ч}{d t_ч^{\ 2}} + m_к \omega_ш^{\ 2} l_ч - f\, m_к\, g - f\,(2\, m_к \omega_ш \frac{d\, l_ч}{d\, t_ч} + f\, m_к\, g) = 0. \tag{2.9}$$

После преобразования уравнение (2.9) имеет вид:

$$l_ч = \frac{fg}{\omega_ш^{\ 2}}\left[\left(1 - \frac{f+\sqrt{f^2+1}}{2\sqrt{f^2+1}}\right) e^{t_ч \omega_ш (f+\sqrt{f^2+1})} + \left(\frac{f+\sqrt{f^2+1}}{2\sqrt{f^2+1}}\right) e^{t_ч (f-\sqrt{f^2+1})} - 1\right]. \tag{2.10}$$

Репозиторий БГАТУ

Подставив значения (2.10) в уравнение (2.3) определим необходимую площадь выгрузного окна:

$$S_{ок} = \frac{v_{раз}\, m_к}{\omega_ш\, \rho\, l_{разд} \left[R_ш - (C_1 e^{(f\ \omega_ш + \omega_ш \sqrt{f^2+1})t_ч} + C_2 e^{(f\ \omega_ш - \omega_ш \sqrt{f^2+1})t_ч} - \frac{fg}{\omega^2_ш}) \right]}. \quad (2.11)$$

Таким образом, при определении размеров выгрузного окна, предназначенного для выгрузки кормов с бункера, необходимо учитывать от физико-механические свойства кормов, параметры выгрузного устройства, норму выдачи корма животным. Для изменения нормы скармливания кормов выгрузное окно перекрывается подвижной заслонкой.

2.3.2 Определение затрат энергии на привод шнека при смешивании кормов

Для приготовления животным кормосмеси используются шнеки. Эти рабочие органы, перемещая кормовые компоненты в бункере, обеспечивают за счет взаимного пересечения кормовых потоков, получение кормосмеси. Характер перемещения кормов в бункере различен, поэтому затраты энергии на выполняемый процесс будут зависеть от отдельных рабочих зон шнека.

Так как шнек расположен у днища бункера, то часть энергии будет затрачиваться на преодоление силы трения корма по этой поверхности (рис. 2.33). В общем виде эту мощность можно определить по формуле

$$N_{тр} = F_{тр} v_{см1}, \quad (2.12)$$

где $F_{тр}$ – сила трения корма о днище бункера, Н; $v_{см1}$– скорость перемещения корма вдоль оси днища бункера, м/с.

Сила трения $F_{тр}$ возникает под действием силы тяжести корма находящегося в рабочей части шнека. Тогда:

$$F_{тр} = m_{кор}\ g\ f \quad ,(2.13)$$

где $m_{кор}$ – масса корма, перемещаемая шнеками по днищу бункера, кг,

$$m_{кор} = W_к \rho,$$

$W_к$ – объем корма, м^3; ρ – плотность корма, кг/м^3.

Так как шнек охвачен только нижней стенкой бункера на ограниченном участке, то объем перемещаемого корма можно определить по формуле

$$W_к = \frac{\pi R_ш\, h_ш\, \alpha_{ш1}\, L_ш}{360^o}, \quad (2.14)$$

где $R_ш$ – радиус шнека, м; $h_ш$ – зазор между витками шнека и нижней стенкой бункера, м; $\alpha_{ш1}$– угол охвата шнека нижней стенкой бункера, град; $L_ш$ – длина шнека, м.

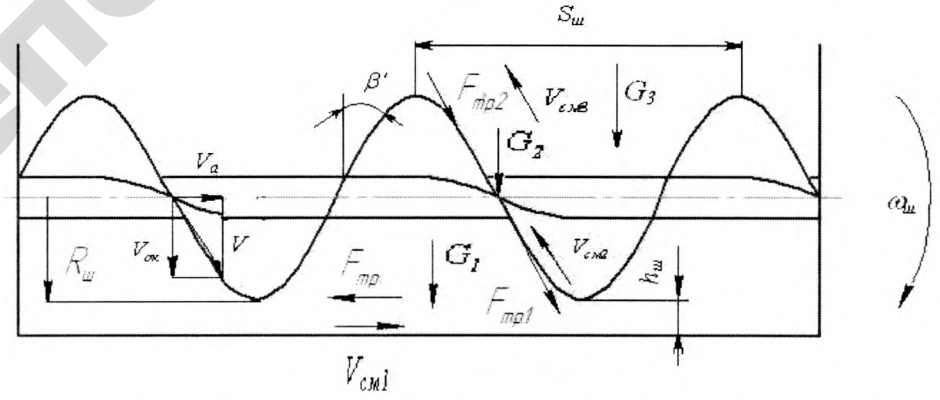


Рисунок 2.33 - Схема для определения мощности на привод шнека

Репозиторий БГАТУ

Скорость перемещения корма вдоль оси днища бункера ввиду малого зазора между витками шнека и стенкой будет равна осевой скорости, определяемой по формуле

$$v_{см1} = v_a = S_ш \omega_ш . \quad (2.15)$$

Тогда мощность на преодоление силы трения корма у днища бункера:

$$N_{тр} = \frac{\pi R_ш h_ш \alpha_{ш1} L_ш \rho}{360^0} gf S_ш \omega_ш . \quad (2.16)$$

где$S_ш$ – шаг витков шнека, м; $\omega_ш$ – частота вращения шнека, $с^{-1}$.

При вращении шнека кормовая масса перемещается по плоскостям его витков. Для этой части шнека, величину затрат энергии на преодоление трения о витки, можно определить по формуле

$$N_{тр1} = F_{тр1} \mathbf{v}_{см2}, \quad (2.17)$$

где $F_{тр1}$– сила трения корма о поверхность витков шнека, охваченных днищем бункера, Н.

Силу трения $F_{тр1}$определим по формуле

$$F_{тр1} = m_{к1} g f , \quad (2.18)$$

где $m_{к1}$ – масса корма в межвитковом пространстве, кг,

$$m_{к1} = W_1 \rho \frac{\alpha_{ш2}}{360^o} ,$$

гдеW_1– объем корма в межвитковом пространстве, $м^3$; $\alpha_{ш2}$– угол шнека не охваченный нижней стенкой бункера, град;

Объем корма в межвитковом пространстве на длине, равной одному шагу, определим по формуле

$$W_1 = \left(D_ш^2 - d_в^2 \right) S_ш K_V , \quad (2.19)$$

где $D_ш$ – диаметр шнека, м; $d_в$– диаметр вала шнека, м; K_v – коэффициент, учитывающий использование межвиткового пространства.

Тогда силу трения $F_{тр1}$ можно определить по формуле

$$F_{тр1} = \left(D_ш^2 - d_в^2 \right) S_ш K_V \rho \frac{\alpha_{ш2}}{360^0} g f . \quad (2.20)$$

Так как витки шнека ограничены днищем бункера, то корма перемещаются преимущественно в осевом направлении. Тогда можно принять, что $V_{см2} = V_a.cos\beta'$ и затраты энергии на перемещение кормов по виткам шнека определим по формуле

$$N_{тр1} = \frac{\alpha_{ш2}}{360^0} \left(D_ш^2 - d_в^2 \right) 2 S_ш K_V \rho g f \omega_ш \cos \beta' . \quad (2.21)$$

Для части шнека, не ограниченной днищем бункера, затраты энергии на перемещение кормов по виткам, можно определить по формуле

$$N_{тр2} = F_{тр2} \mathbf{v}_{см3}, \quad (2.22)$$

где $F_{тр2}$– сила трения, возникающая при перемещении корма по виткам шнека не ограниченного днищем бункера, Н.

Силу трения, вызванную силой тяжести, можно определить по формуле

$$F_{тр2} = \left(W_б - W_ш \right) \rho g f , \quad (2.23)$$

где $W_б$ – объем бункера, $м^3$; $W_ш$ – объем шнека, $м^3$.

Так как верхняя часть шнека не ограничена вспомогательными плоскостями, то скорость перемещения корма по виткам будет равна сумме осевой и окружной скоростей:

$$v_{см3} = \sqrt{v_a^2 + v_{ок}^2} . \quad (2.24)$$

Величину окружной скорости можно определить из выражения:

$$v_{ок} = v_a tg\left(\beta' + \varphi_{тр} \right) = S_ш \omega_ш tg\left(\beta' + \varphi_{тр} \right) . \quad (2.25)$$

Репозиторий БГАТУ

где β' – угол подъема винтовой линии шнека, град; $\varphi_{тр}$ – угол трения, град.

Тогда

$$v_{см3} = \sqrt{\left(S_{ш}\omega_{ш}\right)^2\left[1+tg\left(\beta'+\varphi_{тр}\right)^2\right]}. \qquad (2.26)$$

Подставив в уравнение (7.61) значения (7.62) и (7.65) получим:

$$N_{тр2} = \left(W_{б} - W_{ш}\right)\rho g f\sqrt{\left(S_{ш}\omega_{ш}\right)^2\left[1+tg\left(\beta'+\varphi_{тр}\right)^2\right]}. \qquad (2.27)$$

Суммировав затраты энергии на преодоление сил трения определим результирующую мощность на привод шнека, которая зависит от физико-механических свойств кормов и геометрических параметров бункера и шнека.

2.3.3 Образование кормосмесиво взаимопересекающихся потоках кормовых компонентов

Процесс непрерывного формирования кормосмеси из пересекающихся в воздухе потоков силосованных стебельчатых и высокоэнергетических кормов, выгружаемых на транспортер кормораздатчика из соответствующих бункеров, показан на рис. 2.34.

Важным параметром, характеризующим качество кормосмеси, является определение дальности полета частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки$h_{доб}$. Данный параметр зависит от скорости движения частиц, определить которую можно разложив ее на два независимых – равномерное прямолинейное движение V_n и свободное падение с относительной скоростью $V_{от}$.

Тогда абсолютную скорость движения частиц стебельчатых кормов можно определить по формуле

$$v_{ч}^2 = v_{п}^2 + v_{от}^2 \quad . \qquad (2.28)$$

В формуле (2.28) $v_п = h_{гор}\ \varphi'$, где $\varphi' = d\varphi/dt$–угловая скорость перемещения частицы многокомпонентной добавки в течение промежутка времени; $с^{-1}$; $h_{гор}$ – расстояние перемещения частицы многокомпонентной добавки, м.

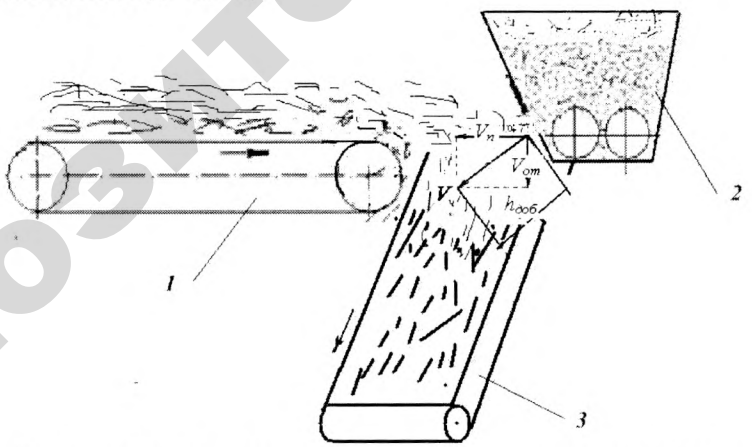


Рисунок 2.34 - Схема к расчету дальности полета взаимопересекающихся во взвешенном состоянии потоков кормов:1 – транспортер стебельчатых кормов; 2 – смеситель-дозатор многокомпонентной высокоэнергетической добавки; 3 – выгрузной транспортер кормосмеси

Относительную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки определим по формуле

$$v_{от} = dh_{вер} / dt, \qquad (2.29)$$

где $h_{вер}$– высота падения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, м.

Тогда абсолютную скорость перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки можно определить по формуле

Репозиторий БГАТУ

$$v_ч^2 = h_{гор}^2 \varphi'^2 + h'^2_{вер}. \quad (2.30)$$

Для решения уравнения (2.30) воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E_{доб}}{\partial h'_{вер}}\right) - \frac{\partial E_{доб}}{\partial h_{гор}} = Q_h,$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E_{доб}}{\partial \varphi}\right) - \frac{\partial E_{доб}}{\partial \varphi} = Q_\varphi, \quad (2.31)$$

где Q_h, Q_φ – обобщенные силы, действующие на частицу многокомпонентной высокоэнергетической добавки, Н; $E_{доб}$ – работа, затрачиваемая при перемещении частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг м^2/с^2.

Преобразив уравнения (2.31) определим работу, затрачиваемую при перемещении частицы корма на элементарном пути возможных перемещений, также можно определить по формулам

$$Q_h = m_ч g - f N,$$
$$Q_\varphi = (N - m_ч g) h_{гор}. \quad (2.32)$$

где f – коэффициент трения многокомпонентной высокоэнергетической добавки по металлу; $m_ч$ – масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг.

Так как в уравнениях (2.31) и (2.32) левые части равны, то прировняв их и после преобразования, получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами.

$$h''_{вер} + 2 f h'_{вер} \omega_ш - h_{гор} \omega_ш^2 = g(1 - f). \quad (2.33)$$

Представив уравнение (2.33) как сумму частного и общего решения, определим дальность полета частицы многокомпонентной добавки в слой стебельчатых кормов по формуле

$$h_{доб} = \frac{g(1-f)}{\omega_ш^2}\left(\left(1 - \frac{f+\sqrt{1+f^2}}{2\sqrt{1+f^2}}\right) e^{\omega_ш t\left(f+\sqrt{f^2+1}\right)} + \frac{\left(f+\sqrt{1+f^2}\right)}{2\sqrt{1+f^2}}\, e^{\omega_ш t\left(f-\sqrt{f^2+1}\right)} - 1\right). \quad (2.34)$$

На основании полученного уравнения установлено, что при времени полета частиц высокоэнергетических кормов, равном 2…3 с и угловой скорости выгрузного шнека ω = 4,4 с$^{-1}$ дальность полета в слой стебельчатых кормов частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки равна 8 мм.

Процесс непрерывного формирования кормосмеси происходит на выгрузном транспортёре путем хаотичного поглощения частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки потоком силосованного стебельчатого корма. Частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки под действием силы тяжести $F_{тяж.ч}$ перемещаются в нижние слои силосованного стебельчатого корма высотой l_δ на глубину $l'_ч$:

$$F_{тяж.ч.} = \frac{f_{доб}\, m_к\, g\, l'_ч}{l_\delta}, \quad (2.35)$$

где $m_к$ – масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг; $l'_ч$ – глубина перемещения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, м; l_δ – высота слоя стебельчатых кормов на ленте транспортёра, м; $f_{доб}$ – коэффициент внутреннего трения частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки.

Перемещению частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в слой стебельчатых кормов противодействует сила трения, величина которой зависит от вертикального давления частиц слоя стебельчатых кормов:

$$F_{тр} = P_д S, \quad (2.36)$$

где $P_д$ – вертикальное давление стебельчатых кормов на ленту транспортёра, Па; S – площадь стебельчатых кормов находящихся на ленте транспортёра, м^2.

Величину вертикального давления можно определить по формуле:

$$P_д = \rho_{стеб} l_\delta g, \quad (2.37)$$

Репозиторий БГАТУ

где $\rho_{стеб}$ – плотность стебельчатых кормов, кг/ м^3; l_δ – высота слоя стебельчатых кормов, м.

Тогда сила трения $F_{тр}= \rho_{стеб} l_\delta\ g\ S$. Так как$F_{тяж} - F_{тр}$=0, то уравнения (7.74) и (7.73) позволяют определить глубину проникновения частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки в слой стебельчатых кормов:

$$l'_ч = \frac{f_{стеб}\rho_{стеб}\ l_\delta^2\ k\ S}{f_{доб}\ m_к}. \qquad (2.38)$$

Практическое занятие. Рассчитать глубину проникновения частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки в слой стебельчатых кормов.

Исходные данные: плотность кормосмеси силос, солома (для КРС)ρ = 0,35 т/м^3; высота слоя стебельчатых кормов, l_δ = 0,15м; коэффициент подвижности материала, зависящий от его физических свойств,k = (1 – $sinj_o$) / (1 +$sinj_o$) = 1– 0,84 /1+0,84 =0,16/1,84 =0,086; угол естественного откоса корма в условиях покоя силос, солома, j_o =54–58 (для КРС); площадь стебельчатых кормов на транспортере, м^2, S = 0,15х0,4 =0,06 м^2; масса частицы многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг. для модуля помола 2,6мм, $m_к$=0,0035х0,8=0,0028 кг.

Глубина частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки проникновения в слой стебельчатых кормов высотой 150 мм:

$$l_ч = \frac{(1{,}42 \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}086 \cdot 0{,}06) \cdot 0{,}15}{0{,}8 \cdot 0{,}0028} = \frac{0{,}000058}{0{,}0022} = 0{,}026$$

м.

Глубина частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки проникновения в слой стебельчатых кормов высотой 250 мм:

$$l_ч = \frac{(1{,}42 \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}086 \cdot 0{,}1) \cdot 0{,}25}{0{,}8 \cdot 0{,}0028} = \frac{0{,}000027}{0{,}0022} = 0{,}122$$

м.

Для частиц высокоэнергетических кормов с модулем помола 2,6 мм глубина их проникновения в слой стебельчатых кормов высотой 150 и 250 мм, соответственно, равна 26 и 120 мм. Ограниченное перемещение в слой стебельчатых кормов частиц многокомпонентной высокоэнергетической добавки обеспечивает раздачу последних непосредственно на поверхность кормового стола животных. В данном случае при поедании кормосмеси нет потерь дорогих высокоэнергетических кормов.

2.3.4 Определение технологических параметров мобильных раздатчиков кормов

Вместимость бункера кормораздатчика выбирают с таким расчетом, чтобы при одноразовой загрузке машина могла обслужить одно или несколько животноводческих помещений. Кроме того, количество корма в бункере-раздатчике должно быть равно или кратно количеству корма, потребляемого для разового кормления поголовья скота, размещенного в одном ряду помещения, т. е.

$$G=q_n n_i n_{ж} \qquad (2.39)$$

где q_n – количество корма, требуемого на одну голову, кг; n_i – число животных в одном ряду помещения, шт; $n_{ж}$ – число рядов животных, обслуживаемых при одноразовой загрузке бункера кормораздатчика, шт.

Поскольку на животноводческих фермах, особенно для дойного стада, раздачу кормов осуществляют два или три раза в день, то разовую массу кормов, которую необходимо раздать животным, можно вычислить по формуле:

$$G_p = \frac{\sum q_i n_j}{k}, \qquad (2.40)$$

где k – кратность кормления животных на ферме.

Требуемое количество корма, размещаемое в бункере машины,

$$G_p = V_p\ \rho\psi, \qquad (2.41)$$

Репозиторий БГАТУ

где V_p – вместимость бункера, м^3; ρ – плотность корма в бункере раздатчика, кг/м^3; ψ – коэффициент заполнения бункера (ψ = 0,8…0,9).

После этого определяют размеры бункера кормораздатчика: ширину *B,* высоту *H* и длину *L,* исходя из условия, что *V=BHL,* и составных элементов животноводческого помещения (ширины и высоты ворот, расстояния между кормушками и др.), в котором будет работать машина.

Чтобы обеспечить разовую раздачу кормов, необходимо иметь вместимость бункера смесителя-раздатчика, равную

$$V_p = \frac{M_p}{\rho} = \frac{\sum q_i n_j}{k\rho}, \tag{2.42}$$

где ρ – плотность кормов, кг/м^3.

Вместимость бункеров смесителей-раздатчиков кормов, обеспечивающих за одну раздачу кормами всех животных, представленная на рис. 2.35, показывает, что изготавливать бункера таких больших размеров нецелесообразно, поскольку машины будут в этом случае работать не более 1…3 ч/сут., а затраты на их производство потребуются очень большие.

Для эффективного использования смесителя-раздатчика, особенно это важно для самоходных смесителей-раздатчиков, вместимость бункера должна быть такой, чтобы животные обеспечивались кормами в течение установленного зоотехническими требованиями времени за несколько рейсов (циклов) раздачи.

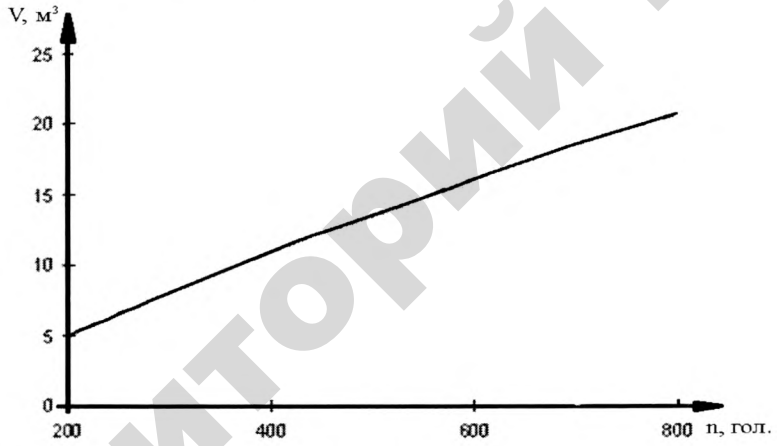


Рисунок 2.35 - Зависимость вместимости бункера смесителя-раздатчика от количества обслуживаемого поголовья

В этом случае вместимость бункера смесителя-раздатчика будет равна:

$$V_m = \frac{V_p}{n_ц}, \tag{2.43}$$

где $n_ц$ – число циклов раздачи кормов животным, шт:

$$n_ц = \frac{t_c}{\sum_{i=1}^{n} t_i},$$

где t_c– сменное время работы смесителя-раздатчика; $\sum_{i=1}^{n} t_i$ – время, необходимое для выполнения всех технологических операций за один цикл работы машины.

Приведенные рекомендации по выбору объема бункера смесителя-раздатчика применимы при эксплуатации однобункерных машин. При выдаче животным одной машиной двух различных по физико-механическим свойствам кормов, объем каждого бункера можно определить по формулам:

Репозиторий БГАТУ

– для стебельчатых кормов:

$$V_к = \frac{m_{об}}{K^{об}_з \rho_к k}, \quad (2.44)$$

– для многокомпонентной высокоэнергетической добавки:

$$V_д = \frac{m_д}{K^д_з \rho_д k}, \quad (2.45)$$

где $m_{об}$ – масса стебельчатых кормов, кг; $m_д$ – масса многокомпонентной высокоэнергетической добавки, кг; $K^{об}_з$, $K^д_з$ – коэффициенты заполнения бункера, соответственно, для стебельчатых кормов и многокомпонентной высокоэнергетической добавки; k – кратность кормления животных.

При выборе объема бункера необходимо учитывать наиболее многочисленную группу животных. Недостатком в данном случае является неполная загруженность смесителя-раздатчика при раздаче кормосмесей малой по численности группе. Установив в раздатчике-смесителе надставные борта можно варьировать коэффициент использования машин.

Производительность (подача) выгрузных устройств раздатчика должна быть согласована с количеством корма, раздаваемого на 1 м длины кормушки (фронта кормления) и скоростью передвижения раздатчика вдоль этих кормушек.

Для мобильного раздатчика количество корма, раздаваемое на 1 м фронта кормления на одну сторону, определяют так. Подающий конвейер (продольный транспортер) при определенной скорости перемещает к битерам за время t часть корма, приходящегося на 1 м кормушки, т. е.

$$q=q_0 v_п t \quad (2.46)$$

где q – количество корма, раздаваемого на 1 м длины кормушки, кг/м; $q_о$ – количество корма, приходящегося на 1 м длины бункера, кг/м; $v_п$ – скорость подающего конвейера, м/с; t – время заполнения кормом 1 м длины кормушки (время прохождения агрегатом 1 м пути), с.

Тогда

$$t= 1/v_a, \quad (2.47)$$

где v_a – скорость корморазда точного агрегата (скорость передвижения раздатчика вдоль кормушек), м/с.

Подставляя значение t в формулу (2.46), получим

$$q = q_0 v_п / v_a \quad (2.48)$$

Отсюда

$$v_п = q v_a / q_0 \quad (2.49)$$

Количество корма, раздаваемое на единицу длины кормушки, также может быть определено из выражения

$$q=BH_0 v_п \rho k_0/(v_a K_б), \quad (2.50)$$

где H_0 – высота кормового продукта в бункере, м; k_0 – коэффициент отставания корма в бункере от продольного транспортера (k_0= 0,94…0,96); $K_б$ – коэффициент снижения скорости трактора за счет пробуксовки колес ($K_б$= 0,95…1,0).

Если корморазда тчик раздает одновременно корм на правую и левую стороны, то скорость подающего конвейера должна быть увеличена в 2 раза.

При непрерывной раздаче по фронту кормления (на одну сторону) заданного количества корма, производительность выгрузного транспортера должна быть равна производительности подающего конвейера и согласована с поступательной скоростью корморазда ющего агрегата. Это условие для *ленточного* выгрузного транспортера можно записать так:

$$Bhv_л \rho_1 K_п = BH_0 v_п \rho k_0 = q v_a K_б, \quad (2.51)$$

где B – внутренняя ширина желоба выгрузного транспортера, м; h – высота слоя транспортируемой массы, м; $v_л$ – скорость ленты транспортера, м/с; ρ_1 и ρ – плотности массы корма на выгрузном транспортере и в бункере раздатчика, кг/м^3; $K_п$ – коэффициент, учитывающий снижение производительности за счет движения корма на ленте с некоторым проскальзыванием ($K_п$= 0,94…0,98).

Количество корма, раздаваемое на 1 м длины кормушки основным рабочим органом – *скребковым* транспортером, можно представить следующей формулой

$$q=bhv_c \rho \varphi_c k_a/(V_a n_к), \quad (2.52)$$

Репозиторий БГАТУ

где bи h – длина и высота скребка транспортера, м; v_c – скорость движения скребкового транспортера, м/с; φ_c – коэффициент, учитывающий заполнение кормом пространства между скребками; k_a – коэффициент, учитывающий уменьшение подачи транспортера из-за угла подъема корма; n_K – число рядов кормушек, в которые индивидуально подается корм.

Производительность раздатчиков кормов *с винтовыми дозирующе-выгрузными органами* целесообразно рассчитывать по уточненной формуле профессора В.В.Красникова:

$$Q_в = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right) S n_ш \rho K_п, \quad (2.53)$$

где $K_п$— дифференциальный коэффициент производительности; Dи d – диаметры шнека и вала, м; S – шаг шнека, м; $n_ш$ – частота вращения шнека, с$^{-1}$; $\varphi_ш$ – коэффициент заполнения шнека.

Тогда

$$K_п = K_з K_\beta K_v K_y \quad (2.54)$$

где $K_з$ – коэффициент, учитывающий влияние конструкции загрузочного устройства на производительность ($K_з$= 0,5…1,0); K_β – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона шнека на производительность (K_β = 0,3…1,0); K_v – коэффициент, учитывающий отставание средней осевой скорости продукта от окружной скорости шнека (K_v=0,9…0,6, большие значения выбирают для быстроходных шнеков); K_y – коэффициент использования межвиткового объема (K_y= 0,2…0,9).

2.4 Стационарные кормораздатчики для крупного рогатого скота

Появление мобильных раздатчиков-смесителей дало мощный импульс к переходу на кормление крупного рогатого скота полнорационными кормосмесями. Но применение раздатчиков для приготовления, доставки и раздачи кормосмеси не единственное и не всегда самое рациональное решение. Это очень дорогие и энергоемкие машины, для эффективного использования которых необходимы мощные тракторы и механизированные хранилища компонентов рациона. Испытания на Северо-Западной МИС и опытно-производственная проверка, проведенная в хозяйствах Ленинградской области, показали высокую энергоемкость процесса и большую неравномерность распределения кормов (35…50%). Средняя продолжительность одного цикла работы раздатчика-смесителя от загрузки до загрузки составляет около 1 ч, вследствие чего процесс кормления скота на крупных фермах затягивается. Большая масса машины увеличивает расход топлива (до 4 кг на тонну смеси) и нагрузку на колеса, особенно для одноосных машин. Дорогостоящие колеса таких раздатчиков быстро выходят из строя, поэтому такие машины нерационально использовать для доставки смеси от центральной фермы на другие хозяйства фермы.

Стационарные раздатчики – установки, смонтированные в одном или нескольких сблокированных помещениях и раздающие животным корм по фронту кормления.

В некоторых случаях более рациональны предложенные ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхоз академии стационарные кормосмесительные пункты, размещаемые в небольших помещениях, сблокированных со складом хранения текущего запаса концентрированных кормов и добавок, или непосредственно на этих складах (рис. 2.36). В комплект машин такого пункта входят: смеситель кормов, в качестве которого может быть использован оборудованный электроприводом раздатчик-смеситель, транспортер-перегрузчик и бункер-накопитель кормосмеси, днище которого выполнено в виде двух створок. Для доставки в кормоприготовительный пункт объемистых кормов и подачи их в смеситель можно использовать современные большегрузные прицепы, оборудованные донным транспортером, или навозоразбрасыватели. Загрузка остальных компонентов рациона в смеситель осуществляется погрузчиком. Использование пунктов позволяет приготавливать полнорационные кормосмеси заданного состава с точным дозированием, учетом и, что очень важно, регистрацией в компьютере расхода всех компонентов рациона, а раздавать эти смеси животным - обычными недорогими раздатчиками типа КТ. Подготовленная порция смеси выгружается в обычный раздатчик в течение нескольких секунд, и, пока машина раздает эту порцию животным, в бункере-накопителе подготавливается очередная доза.

Репозиторий БГАТУ

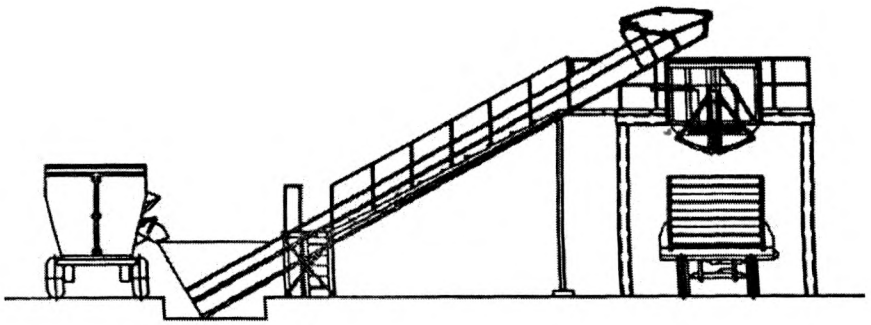


Рисунок 2.36 – Схема кормоприготовительного пункта

Такая технология резко сокращает продолжительность процесса раздачи кормов (длительность одного цикла от загрузки до загрузки всего 10…12 мин) и возможности их хищения, повышает эффективность использования, надежность работы и долговечность кормораздатчиков. Обслуживать кормосмесительный пункт могут те же трактористы, которые обычно заняты на погрузке и раздаче кормов. Опыт эксплуатации таких миникормоцехов в СПК «Остромечево» (Республика Беларусь), и ЗАО «Воронежское» (Владимирская обл.), и ЗАО «Красноармейское» *(Ленинградская обл.) подтверждает эффективность такой технологии приготовления кормосмесей.*

На крупных фермах для ускорения загрузки мобильных раздатчиков-смесителей высокоценными компонентами рациона целесообразно использовать разработанный в ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии взвешивающий смеситель-дозатор концкормов и добавок (рис. 2.37). С помощью такой машины смесь компонентов готовится строго по рецепту зоотехника с точностью дозирования до 1% для каждой группы животных и загружается в раздатчик-смеситель в готовом виде. Это улучшает качество смешивания концкормов и добавок с объемистыми кормами, обеспечивает учет и регистрацию расхода самых дорогих составляющих рациона, способствует их экономии и сокращает продолжительность процесса кормления животных.

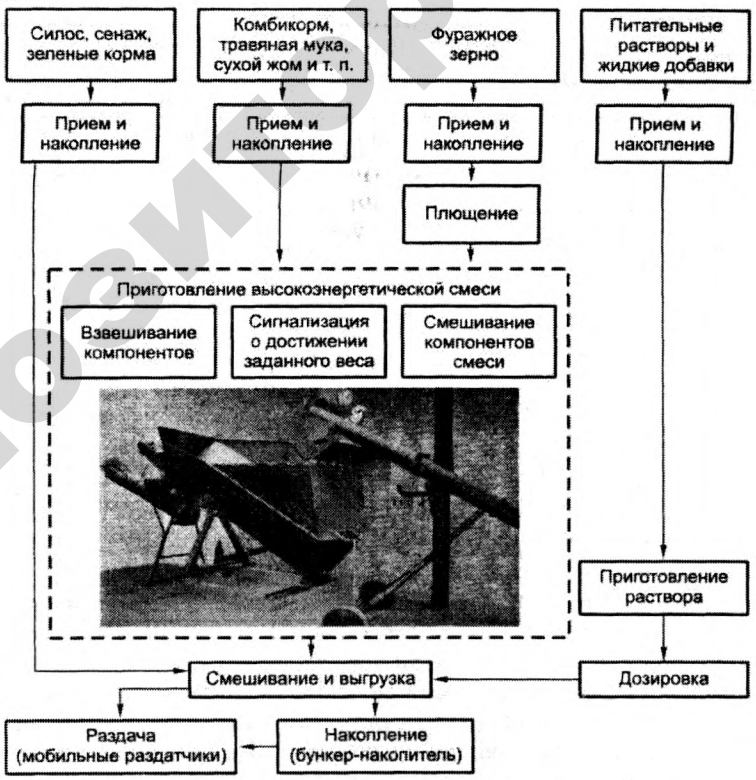


Рисунок 2.37 – Схема процесса приготовления кормосмеси с использованием взвешивающего смесителя-дозатора концкормов и добавок

Репозиторий БГАТУ

Технически сложную проблему представляет дифференцированное распределение самых дорогих концентрированных кормов. Зоотехническая наука рекомендует скармливание концентрированных кормов малыми дозами, по 6…8 раз в сутки в строгом соответствии с продуктивностью и фазой биологического цикла коровы, т. е. по индивидуальному принципу. В решении этой проблемы существуют две взаимоисключающие друг друга тенденции.

Первая заключается в точном соблюдении принципа многократного скармливания концентратов малыми дозами. При беспривязном способе содержания коров эта задача решается применением автоматической системы управления (АСУ) кормления и автоматических кормовых станций, размещаемых в секциях из расчета одна станция на 25…30 коров.

При использовании таких станций нормированное кормление лактирующих коров с учетом фактической продуктивности осуществляется по заданной программе после каждого дня доения, а сухостойных - индивидуально, по отдельной программе. Раздой коров производят по программе на основе алгоритмов, определяющих оптимальное количество концентрированных кормов для авансирования предполагаемой продуктивности при различных удоях и на разных отрезках кривой лактации. Автоматические кормовые станции позволяют выдать животному суточную норму комбикорма (сверх количества, включенного в кормосмесь) не более 1 кг в виде нескольких разовых доз - от 80 до 200 г с частотой их выдачи 15…20 с. Несмотря на большую стоимость системы, при продуктивности стада не ниже 7…8 тыс. кг на корову ее применение экономически оправдано - особенно в больших группах неоднородных по продуктивности и физиологическому состоянию животных.

При привязном способе содержания скота иногда применяют автоматические раздатчики, перемещающиеся по монорельсу, как это сделано, например, в ЗАО «Ручьи» и «Племзавод «Агро-Балт»» Ленинградской области, или достаточно сложные стационарные установки, которые экономически выгодны только на племзаводах с высокой продуктивностью стада.

Вторая тенденция заключается в отказе от индивидуального принципа распределения концентратов и переходе на групповой принцип их скармливания в составе кормосмеси. Поскольку концентраты в смеси неотделимы от других ее компонентов, животные потребляют их постепенно, что и требует физиология жвачных. Эта технология может применяться как при привязном, так и при беспривязном способах содержания коров, но необходимо четкое деление стада на кормовые классы, сформированные исходя из фаз межотельного цикла коров при допустимой разнице в их продуктивности внутри технологической группы. При соблюдении этого условия такая технология скармливания концентратов значительно проще и дешевле, чем их распределение по индивидуальному принципу. Ее высокая эффективность доказана опытом ОАО «Красногвардейский» Гатчинского района Ленинградской области, где средняя продуктивность коров составляет около 7500 кг молока в год.

Таким образом, при рациональной организации кормление крупного рогатого скота полнорационными кормосмесями не только повышает эффективность использования кормов, но и позволяет отказаться от тяжелого ручного труда по раздаче концкормов и добавок с помощью примитивных тачек.

Стационарные кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота (КРС) бывают смонтированными как в кормушках, так и над кормушками с различными кормонесущими рабочими органами: шнековые, скребковые, ленточные и др.

Кормораздатчик с цепочно-ленточным транспортером внутри кормушек ТВК-80Б, предназначен для раздачи всех видов кормов кроме жидких. Рабочим органом, транспортирующим корм, является прорезиненная лента шириной 0,5 м тяговое усилие на нее передается от приводной станции с помощью цепи. Цепочно-ленточный конвейер состоит из двух ветвей одинаковой длины, одна из которых является несущей, ее ширина 0,5 м, другая - холостая, представляющая собой цепь. В соединении цепи с лентой имеется предохранительное устройство, разъединяющее цепь со звездочкой при неисправности конечного выключается. Кормовой желоб раздатчика (кормушка), выполнен из отдельных железобетонных элементов.

Рабочий процесс происходит следующим образом. Для загрузки транспортера-раздатчика кормами мобильный кормораздатчик устанавливают напротив загрузочного бункера. Корм в

Репозиторий ВГАУ

загрузочном бункере попадает на ленту и перемещается вместе с ней вдоль кормового желоба, заполняет его по всей длине.

Когда кормушка полностью заполнится, то под действием упора, установленного на одном из кронштейнов цепи, срабатывает конечный выключатель и привод транспортера останавливается. По окончании кормления нажимают кнопку "НАЗАД", лента транспортера движется в обратном направлении, становясь в исходное положение» а кормовой желоб очищается от остатков корма.

При натяжении цепочно-ленточного транспортера необходимо, чтобы нижняя ведомая цепь касалась настила через 4...5 м от оси натяжного барабана. Зазор между нижней кромкой ролика конечного выключателя и плоскостью упора регулируется перестановкой выключателя и должен быть равен 5 мм.

При механизированной подаче корма в приемный бункер раздатчика скорость движения ленты составляет 0,5 м/с, а при ручной - 0,13 м/с.

Унифицированный раздатчик кормов внутри кормушек РВК-Ф-74 создан на базе кормораздатчика ТВК-80Б и предназначен для тех же целей.

Рабочий орган состоит из двух частей: круглозвенной цепи к оцинкованного стального троса, к которому при помощи хомутов и планок крепится прорезиненная лента шириной 0,5 м.

Приводная станция включает в себя сварную станину, реверсивный привод, концевые выключатели и устройство для сбрасывания круглозвенной цепи рабочего органа.

Натяжная станция состоит из рамы, натяжного барабана ибункера. Натяжение осуществляется перемещением оси натяжного барабана в пазах рамы с помощью винтов и гаек.

Кормовой желоб представляет собой железобетонный короб-кормушку, вдоль днища которого размещена деревянная доска с двумя продольными направляющими. Для уменьшения износа ленты в местах стыка днища с боковыми стенками желоба закреплены деревянные брусья.

Кормораздатчики с односторонним КЛО-75 и двухсторонним КЛК-75 подходом животных предназначены для раздачи сочных, измельченных: грубых кормов и их смесей, а также удаления остатков из кормушки. Особенность кормораздатчиков в том, что в них используется стальная лента толщиной 1 мм, укладываемая внутри бетонной кормушки. Такая лента не вытягивается, дешевле к долговечней прорезиненной.

Кормораздатчики КЛО-75 и КЛК-75 унифицированы между собой на 80 % и отличаются шириной ленты, размерами сопряженных деталей, скоростью движения ленты я массой (у КЛО-75 - соответственно 0,57 м/с, 1500 кг; у КЛК-75 - 0,28 м/с, 2200 кг). Производительность кормораздатчиков 60 т/ч, установленная мощность электродвигателей 5,5 кВт, длина кормового желоба 75 м.

Кормораздатчик загружается с площадки в тамбуре со стороны приводной станции. По достижении лентой противоположного конца отключается мотор-редуктор.

К кормораздатчикам над кормушками относят платформенные (передвижные) ленточные раздатчики ТРЛ-100, РК-50.

Раздатчик кормов ТРЛ-100 предназначен для транспортирования и подачи в кормушки силоса, сенажа, зеленой массы, измельченных грубых кормов и их смесей. Он представляет собой ленточный транспортер, смонтированный на подвижной раме-платформе. Платформу собирают из промежуточных, приводной и двух натяжных секций. Количество промежуточных секций, выбирают в зависимости от длины помещения. Состыкованные секции в сборе образуют единый желоб, в котором находится транспортерная лента шириной 0,5 м. Верхняя ветвь ленты; опирается на рабочие ролики, установленные с шагом 1 м, нижняя ветвь на поддерживающие ролики, прикрепленные к раме транспортера с шагом 2 м.

Платформа перемещается на катках, которые крепятся к секциям с шагом 3 м. Скорость перемещения платформы и ленты изменяют при помощи сменных звездочек и зубчатых колес.

Корм с распределительного транспортера, установленного в центре животноводческого здания или блока зданий, подают на ленту раздатчика. В этот момент начинается одновременное перемещение ленты и платформы. Платформа, наезжая на сбрасыватель, подает его на подхваты, выдавая корм через воронку сбрасывателя в кормушку. После завершения подачи корма в половину длины кормушки останавливают распределительный транспортер. Лента в платформе изменяет направление движения на обратное, и раздатчик подхватывает

Репозиторий БГАТУ

другой сбрасыватель. Во время движения над другой половиной кормушки первый сбрасыватель наезжает на упор, сходит с подхватов и опускается на рамку.

Кормораздатчик РК-50 отличается от ТРЛ-100 только конструктивным исполнением. Опорные катки установлены в верхней части платформы, в место кабеля в латке использована кабель-шторка, привод установлен на концевой секции платформы. Принцип работы аналогичен работе кормораздатчика ТРЛ-100. Комплектуют РК-50 поперечным и наклонным транспортерами и двумя транспортерами-раздатчиками. Корма загружают, как правило, мобильным кормораздатчиком КТУ-10, устанавливаемом у приемной воронки наклонного транспортера. Используют РК-50 в зданиях шириной 18...21 ми длиной 72...78 м.

В раздатчике ТРЛ-100А аннулированы направляющие, вместо них платформа катится по роликам, что снизило металлоемкость конструкции. Лента и платформа имеют автономные приводы, которые установлены стационарно, из-за чего отпала необходимость в гибком кабеле.

На базе стационарных кормораздающих устройств создают линии приготовления и раздачи кормов, важным элементом в которых являются средства для доставки кормов из кормоцехов в животноводческие здания и для распределения их по кормораздатчикам.

Для распределения корма применяются также цепочно-планчатые и ленточные транспортеры типа ТЛК-20 и транспортер-распределитель ТКР-20, ТКР-20А с передвижной сбрасывающей тележкой (рис. 2.38).

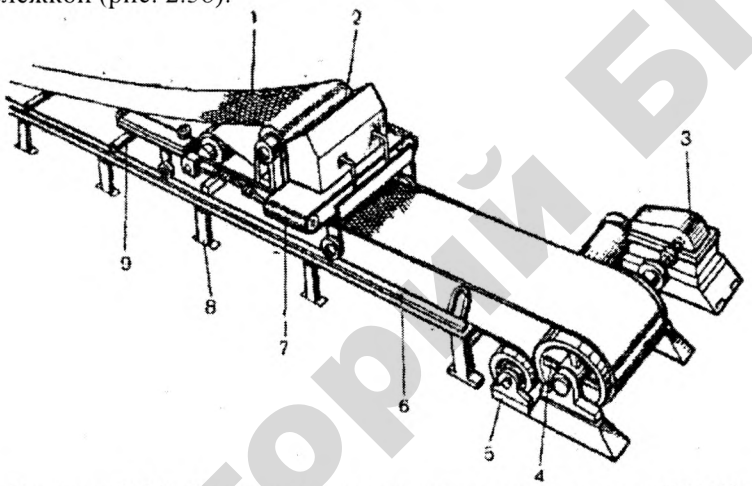


Рисунок 2.38 - Транспортер-распределитель кормов ТКР-20

Транспортер ТКР-20 состоит из рамы 8, приводной станции 3 с ведущим барабаном 4, электродвигателем, редуктором, соединительной муфтой и отклоняющим барабаном 5; концевого барабана; разгрузочной тележки 2, приводимой в движение лентой, огибающей три барабана один из которых, в свою очередь, через редуктор н шарнирную муфту передает движение поперечному сбрасывающему транспортеру 7; промежуточных и жестких упоров, обеспечивающих строгую фиксацию тележки в местах перегрузки кормом; системы управления тележкой, рельсового пути 6; роликовых опор 9; транспортерной ленты 1; вертикальной натяжной станции; устройство системы безопасности; система автоматического управления и ограждение тросового типа.

Корма разгружают периодически в местах установки кормораздатчиков. При подходе тележки к месту разгрузки рычаги амортизаторов наезжают на убирающиеся упоры. При этом нижний (тормозной) барабан растормаживается, тележка останавливается, и барабаны, приводимые лентой, начинают вращаться. Вращение нижнего барабана через редуктор и карданный вал передается поперечному сбрасывающему транспортеру тележки. Корм ссылается с верхнего барабана на поперечный транспортер и разгружается на движущийся над кормушкой платформенный кормораздатчик.

По окончании разгрузки упоры убираются, рычаги амортизаторов возвращаются в исходное положение, барабан затормаживается и движущаяся лента перемещает тележку к следующему месту разгрузки. Для возвращения тележки в исходное положение приводная станция реверсирует направление движения ленты.

Репозиторий БГАТУ

Разработка кормосмесителей с учетом различного уровня развития инфраструктуры предприятий. Результатами активной работы производителей кормосмесителей с потребителями этой техники стали разработка и производство кормосмесителей с учетом различного уровня развития инфраструктуры предприятий. Одним из этапов на пути реализации этого инновационного направления развития техники для приготовления и раздачи кормосмесей явилось создание стационарных кормосмесителей, что позволяет использовать их в качестве малогабаритных кормоцехов на животноводческих объектах различного размера. Потребителям предлагается несколько вариантов исполнения этих машин, что создает широкие возможности для организации приготовления высокопитательных кормосмесей в хозяйствах с различным уровнем развития инфраструктуры. Так, фирма «Seko» выпускает стационарные кормосмесители на базе двухшнекового горизонтального кормосмесителя Samurai 5 с приводом рабочих органов от электродвигателя (рис. 2.39). Широкий типоразмерный ряд таких установок (вместимость от 5 до 30 м^3) позволяет использовать их на животноводческих фермах различного размера. Особенности машин этого типа: низкий уровень шума, высокие производительность и качество выполнения технологического процесса, надежность, низкие эксплуатационные издержки. Управление работой установок можно осуществлять дистанционно, с использованием электронной панели управления с помощью специальной программы (PLC).

Рисунок 2.39 –Стационарный кормосмеситель Samurai 5 с приводом рабочих органов от электродвигателя

Стационарные вертикальные кормосмесители Bigaeco вместимостью до 30 м^3 поставляет на рынок и фирма «Peeters Landbouwmachines B.V.» (Нидерланды). Система измельчения-смешивания для моделей Bigaeco и Bigamaxieco состоит из одного вертикального шнека, а Bigatwineco и Bigamaxitwineco- из двух.

Фирма «Seko» выпускает кормосмесители с приводом рабочих органов от электродвигателя и в мобильном исполнении. Эти машины выполняют приготовление кормосмеси и раздачу ее в кормушки животным. Они оборудованы ходовой частью, которая обеспечивает перемещение кормосмесителей от места приготовления до места раздачи кормосмеси и вдоль всего фронта кормления по рельсовому пути. Установки предназначены, прежде всего, для работы внутри животноводческих помещений с узкими кормовыми проходами.

При отсутствии электрической энергии на ферме эта же фирма предлагает использовать для приготовления кормосмесей кормосмесители с приводом рабочего органа от дизельного двигателя (выпускаются 5 моделей с бункером вместимостью от 15 до 30 м^3). На машинах установлены двигатели Perkins Stage 2 мощностью 131 кВт с электронной системой управления, которые отличаются высокой надежностью, экологической (низкий уровень шума) и производственной безопасностью, удобством в управлении и эксплуатации. Топливный бак большой вместимости (220 л) позволяет установкам работать без дозаправки длительное время. Система измельчения-смешивания аналогична машине с электродвигателем (горизонтальная, двухшнековая). Особенности этих кормосмесителей: рама выполнена в полуприцепном исполнении (это позволяет быстро, с помощью энергетического средства перемещать

Репозиторий БГАТУ

установку в необходимое место), верхний проем бункера закрывается крышкой (улучшает качество смешивания и исключает потери кормосмеси), выгрузной транспортер представляет собой элеватор с длинной стрелой вылета (это позволяет осуществлять загрузку приготовленной кормосмеси в кузов корморазда точных устройств).

2.5 Автоматизированные системы кормления животных

В настоящее время как за рубежом, так и в нашей стране достаточно много животноводческих помещений, где для кормления животных применение смесителей-кормораздатчиков не представляется возможным (из-за несоответствия габаритных размеров технологических проездов) или не эффективно из-за низкой степени их использования. Для решения вопроса приготовления и раздачи сбалансированных по питательности кормосмесей на таких фермах в настоящее время разработаны и выпускаются автоматизированные системы кормления животных. Технологический процесс, выполняемый этими системами, включает в себя все операции приготовления и раздачи кормосмесей (измельчение длинностебельных кормов, загрузка и дозирование, смешивание, транспортирование и раздача). В то же время в зависимости от состава, функциональных возможностей и конструктивного исполнения входящих в системы технических средств на практике применяются в основном две технологические схемы кормления животных.

В соответствие с одной из них приготовление и раздача кормосмеси осуществляется разными техническими средствами. Для приготовления кормосмесей в этом случае, как правило, используют традиционные смесители-кормораздатчики в стационарном исполнении с приводом от электродвигателя или ВОМ трактора. Причем в основном применяются кормосмесители с вертикальными рабочими органами, количество которых в бункере машины зависит от требуемого объема приготавливаемой кормосмеси. Загрузочные устройства выполнены в виде различных транспортеров: ленточных, скребковых, шнековых и др. Раздача приготовленной кормосмеси выполняется подвесным кормораздатчиком бункерного типа.

В другом случае приготовление кормосмеси (дозирование и смешивание предварительно измельченных кормов) и ее раздача выполняются подвесным кормораздатчиком бункерного типа с расширенными функциональными возможностями (благодаря наличию систем электронного взвешивания и смешивания).

Как в первом, так и во втором случаях подвесные кормораздатчики совершают запрограммированные многократные перемещения по монорельсу (закреплен в верхней части помещения) вдоль боксов для содержания животных. При его движении автоматически производится выдача полнорационных кормов через выгрузной патрубок или раздаточный транспортер в общую кормушку или на кормовой стол.

Процессом раздачи кормов в зависимости от выбранной программы кормления и введенных исходных данных управляет бортовой компьютер, который может иметь следующий набор базовых функций: выдача суточного рациона, режимы наращивания или снижения нормы выдачи кормов и режим расчетного его потребления на конкретную корову. Помимо управления бортовой компьютер выполняет и ряд расчетных функций: суммирует фактический расход кормов и выдает статистические данные о потреблении коровами различных кормов. С учетом расширения функций менеджмента дойного стада современные модели подвесных кормораздатчиков снабжаются новыми компьютерными системами, обеспечивающими ведение для каждого животного так называемого «календаря коровы». Им предусматриваются контроль кормления, продуктивности, периода лактации, физиологического состояния и расчет кормового рациона каждого конкретного животного.

Технические возможности выпускаемых в настоящее время кормораздатчиков позволяют реализовать на практике как индивидуальное, так и групповое кормление независимо от системы содержания животных. В то же время система содержания животных, а также наличие постоянного места для коровы или смена ее месторасположения в стойлах оказывают влияние на способы решения поставленной задачи.

Так, при привязном содержании животных и наличии постоянного месторасположения коровы в конкретном боксе подвесные кормораздатчики способны обеспечить

Репозиторий БГАТУ

индивидуальную выдачу кормосмеси точно в соответствии с надоем и физиологическим состоянием лактирующей особи. В этом случае остановка кормораздатчика для выдачи кормосмеси конкретной особи обеспечивается с помощью специальных меток на монорельсе или датчиков, установленных над кормушками. В последних разработках определение кормоместа производится путем введения в процессор данных о расстоянии до него.

Если технологией содержания молочного скота не предусмотрено закрепление постоянного кормоместа за животным (как правило, при беспривязном содержании), то для обеспечения индивидуального кормления применяется автоматическая система распознавания (идентификации) животных. В этом случае животное снабжается специальным бесконтактным датчиком-ответчиком (размещается на теле животного или имплантируется под его кожу), который содержит всю необходимую информацию о данной особи. Расчетная порция кормосмеси выдается животному тогда, когда кормораздатчик находится в зоне приема его антенной импульсов, посылаемых датчиком животного.

Энергоснабжение двигателей подвесных кормораздатчиков в большинстве случаев осуществляется от аккумуляторных батарей, которые подзаряжаются после каждого цикла раздачи кормов через контакты или штепсельные разъемы при его нахождении в исходном положении. Иногда для подвода электрической энергии к приводу кормораздатчика используют шины, размещаемые вдоль монорельса. Реже применяется комбинированное энергоснабжение - аккумуляторные батареи и токопроводящая шина.

Фирма «Pellonpaja OY» (Финляндия) разработала и предлагает потребителям различные варианты таких систем. Конструктивное исполнение робота-кормораздатчика этой фирмы позволяет готовить полностью сбалансированные по питательным веществам кормосмеси (рис. 2.40). Он оборудован электронной системой взвешивания, которая позволяет выполнять заполнение бункера кормораздатчика исходными компонентами кормосмеси с использованием весового дозирования каждого из них.

Система смешивания комбинированная состоит из конвейера и шнека (рис. 2.41). Конвейер, захватывая гребенками компоненты кормосмеси, перемещает их из нижней части в верхнюю, откуда корм под действием силы тяжести скатывается вниз. Размещенный в середине бункера шнек выполняет дополнительное перемешивание кормосмеси в горизонтальном направлении. В результате такого комбинированного воздействия исходные компоненты достаточно быстро образуют однородную по составу кормосмесь. Благодаря закругленной форме днища бункера робота затраты энергии на смешивание и выгрузку корма сведены к минимуму: установленная мощность электродвигателя составляет 2,2 кВт. Электроснабжение кормораздатчика осуществляется от токопроводящей шины, установленной вдоль монорельса. Робот рассчитан на обслуживание 200-300 животных, его длина 3020, ширина - 1330 мм. Требования к исходным компонентам: длинностебельные корма должны быть предварительно измельчены до частиц размером менее 100 мм.

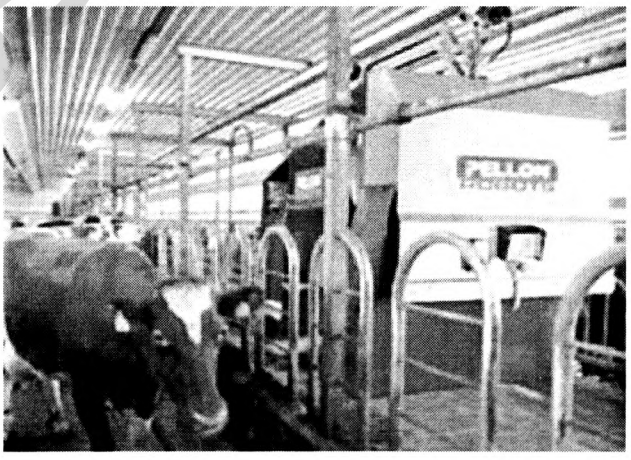
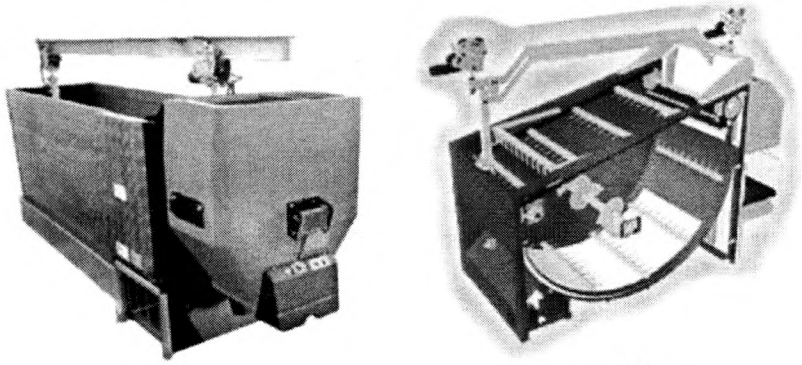


Рисунок 2.40 – Общий вид робота-кормораздатчика фирмы Pellonpaja OY

Репозиторий БГАТУ



а) б)

Рисунок 2.41 –робота-кормораздатчика фирмы Pellonpaja OY:
а) общий вид кормораздатчика PellonSilage; б) конструктивная схема

Фирма «Pellon paja OY» выпускает также роботы-кормораздатчики Pellon Silage (рис. 2.41), которые осуществляют раздачу предварительно приготовленной кормосмеси (табл. 2.6). Для приготовления кормосмесей фирма предлагает потребителям две машины: стационарный смеситель кормов Pellon TMR и смеситель Pellon Cut Mix.

Таблица 2.6 – Техническая характеристика подвесных кормораздатчиков PellonSilage

Показатели	Модель кормораздатчика			
	Pellon 1500	Pellon 2000 combi	Pellon 1500	Pellon 3000 combi
Вместимость, кг	1500	2100	2500	3100
Ширина ленты транспортера, мм	1200; 1400; 1600			
Габаритные размеры, мм	2400x1130xx1850	3100x1130xx1850	3400x1130xx1850	4100x1130xx1850
Масса, кг	700	750	915	965

Смеситель кормов Pellon TMR (рис. 2.42) оснащен электронной системой взвешивания, которая позволяет загружать исходные компоненты кормосмеси в строгом соответствии с запрограммированным рецептом. Система смешивания имеет аналогичное с роботом-кормораздатчиком конструктивное исполнение. Однако из-за отсутствия системы измельчения в смеситель необходимо загружать предварительно измельченные кормовые средства. Вместимость смесителя 3 $м^3$, потребная мощность 2,2 кВт, габаритные размеры 2730x1330x2050 мм.

Смеситель Pellon Cut Mix (рис. 2.43) представляет собой кормосмеситель с одним вертикальным рабочим органом. Такое конструктивное его исполнение в сочетании с весоизмерительным терминалом позволяет выполнять приготовление кормосмесей из различных исходных компонентов, независимо от их размеров (грубые корма могут загружаться в виде рулонов, тюков и т. д.). Вместимость смесителя 8$м^3$, потребная мощность 22 кВт, ширина 3000, высота 2200 мм.

Для управления процессом кормления животных фирма «Pellonpaja OY» разработала новое поколение компьютеров Pellon: Pellon Graphics, Pellon PT-400 и Pellon PT-200. Компьютерная система Pellon Graphics (рис. 2.44) стационарного исполнения, служит для управления стада с большим поголовьем животных, оснащена удобным информативным дисплеем. После ввода исходных данных в компьютер (количество групп животных, рецептов и исходных компонентов, времени кормления и др.) процесс их кормления осуществляется в автоматическом режиме под его управлением. Программное обеспечение компьютеров Pellon Graphics поддерживает функцию «календарь коровы», которая является инструментом для

Репозиторий БГАТУ

прогнозирования предстоящих мероприятий и позволяет облегчить выполнение индивидуального режима кормления, автоматически приспосабливаемого к продуктивному циклу животного.

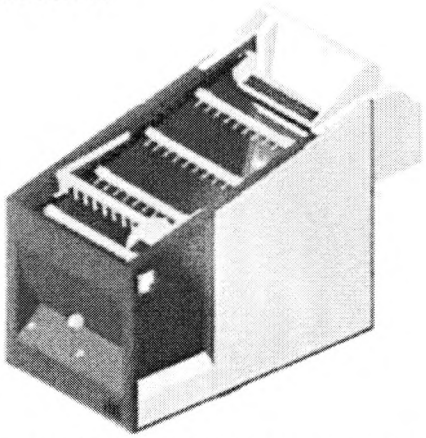


Рисунок 2.42 – Схема смесителя кормов Pellon TMR

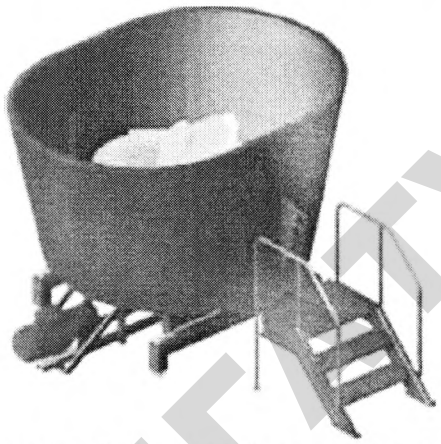


Рисунок 2.43 – Общий вид смесителя Pellon Cut Mix

Pellon PT-400 представляет собой портативную модель со следующими функциональными возможностями: число запоминаемых животных - 255, групп животных - 9, кормовых рационов - 1-5; наличие функции идентификации животных; обеспечение раздачи кормов на обе стороны; продуктивное кормление; функция «календарь коровы»; контроль за потреблением кормов; долговременная память; защита мест кормления от воздействия электрического тока.

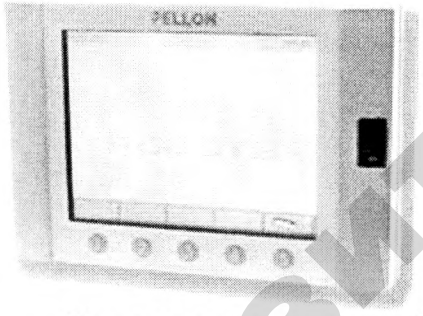


Рисунок 2.44 – Дисплей компьютерной системы Pellon Graphics

Компьютерная система PT-200 стационарного исполнения имеет следующие функциональные возможности: число запоминаемых животных - 230, групп животных - 9, кормовых рационов – 1…4; индивидуальные диаграммы кормления; контроль за потреблением кормов; долговременная память; защита мест кормления от воздействия электрического тока.

Для группового кормления животных можно использовать и стационарные технические средства для раздачи кормов. Так, фирма «Pellon paja OY» предлагает потребителям ленточный конвейер Pellon Belt Feeder (рис. 2.45), который устанавливается в животноводческом помещении над кормовым проходом. Предварительно приготовленная кормосмесь подается в приемную часть ленточного конвейера, которым далее перемещается над кормовым проходом. Над транспортером установлено сбрасывающее поворотное устройство в виде клина, которое имеет возможность автономного режима перемещения вперед-назад. За счет управления перемещением сбрасывающего устройства (вручную или с помощью компьютера Graphics) обеспечивается выдача необходимого количества корма в кормушку или на кормовой стол. Раздача кормов может производиться как на одну, так и на другую сторону от ленты транспортера за счет поворота клиновидного сбрасывающего устройства, выполняемого автоматически сервомотором, установленным в конце конвейера. Ширина ленты ленточного конвейера 450, длина до 80 м, установленная мощность привода 3 кВт.

Репозиторий БГАТУ

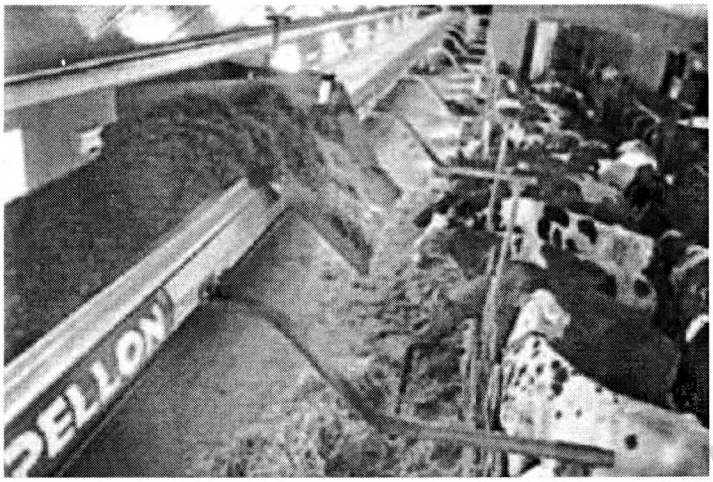


Рисунок 2.45 – Ленточный конвейер Pellon Belt Feeder

Фирма «Mullerup A/S» (Дания) предлагает потребителям также различные варианты автоматизированных систем кормления животных, которые по своему назначению и исполнению аналогичны предыдущим. Так, конструкция роботов-кормораздатчиков Mix Feeder (рис. 2.46) этой фирмы позволяет выполнять приготовление кормосмеси и ее раздачу в животноводческих помещениях с различными системами содержания животных (табл. 2.7) в автоматическом режиме под управлением компьютера M1Тили вручную.

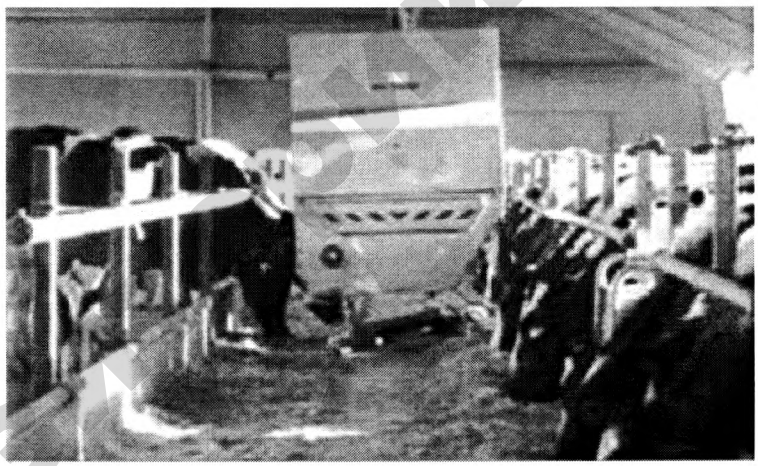


Рисунок 2.46 – Робот-кормораздатчик Mix Feeder

Для раздачи предварительно приготовленной кормосмеси фирма выпускает типоразмерный ряд роботов-кормораздатчиков марки Free Stall Feeder M1600, M2000 и M3000 (рис. 2.47) с бункерами вместимостью 1,6, 2 и 3 $м^3$ соответственно. Кормораздатчики предназначены для обслуживания до 400 коров, имеют 20-30 циклов загрузки кормосмеси за смену, могут обслуживать до 15 групп животных, скорость движения при раздаче кормосмеси 16 м/мин, управление автоматическое (компьютер MIT) или ручное.

Для кормления молочного стада с большим поголовьем животных (до 1000 коров) при их беспривязном содержании фирма «Mullerup A/S» разработала систему MIX&CARRY (рис. 2.48), которая состоит из подвесного робота-кормораздатчика и установки для приготовления кормосмесей.

Подвесные роботы-кормораздатчики MIX&CARRYFEEDER с бункером вместимостью 2 или 3 $м^3$ могут обслуживать до 20 групп животных, выдавая им до 30 типов рационов кормосмесей, перемещаясь при этом со скоростью 8-16 м/мин.

Репозиторий БГАТУ

Таблица 2.7 – Техническая характеристика роботов-кормораздатчиков MixFeeder

Показатели	Модель	
	MixFeederPlus	MixFeeder XL
Число обслуживаемых животных	180 молочных коров + животные на откорме	240 молочных коров + животные на откорме
Обслуживаемых групп животных	До 15	
Циклов смешивания	20…30	30…40
Кормовых рационов	До 9	
Установленная мощность, кВт	9.2	
Время одного цикла смешивания, мин	4…6	
Скорость движения при раздаче кормосмеси, м/мин	16	
Масса, кг	1900	

Установка для приготовления кормосмесей MVM представляет собой смеситель-кормораздатчик с вертикально установленными рабочими органами, который оснащен электронной системой взвешивания. Для удовлетворения потребностей ферм с различным поголовьем животных фирма выпускает широкий типоразмерный ряд кормосмесителей (табл. 2.8).

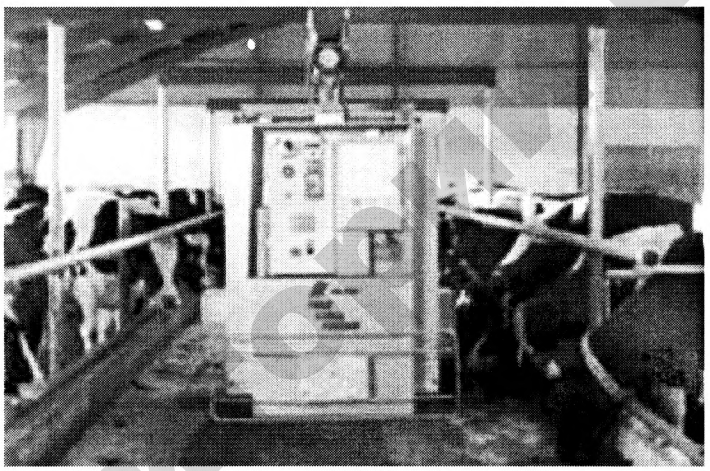


Рисунок 2.47 - Робот-кормораздатчик Free Stall Feeder

Следует отметить, что наиболее совершенной в настоящее время является автоматическая система кормления TRIOMATIC фирмы «Trioliet», как лучшее инновационное техническое решение в своей категории. Главным достоинством этой системы является то, что для ее бесперебойной работы необходимо лишь поддерживать требуемый запас кормов - все остальные операции выполняются автоматически в соответствии с заданной программой кормления животных.

Автоматическая система кормления Triomatic фирмы Trioliet выпускается в четырех сериях Т10, Т20, Т30 и Т40 – это автономный робот-кормораздатчик для смешивания и раздачи кормов, который может управлять бункерами или хранилищем. Т10 - состоит из робота кормления, который может управлять бункерами или другими средствами хранения. Т20 состоит из робота питания с одним или более стационарных смесителей. Т30 - с кормокухней, состоящий из нескольких бункеров в дополнение к роботу кормления. Т40 - наиболее комплексная система, состоящая из робота для кормления и кормовой кухни, которая состоит из нескольких кормовых этажей связаны друг с другом. Корм можно хранить в течение нескольких дней, и система может накормить до 1000 коров в сутки.

Репозиторий БГАТУ

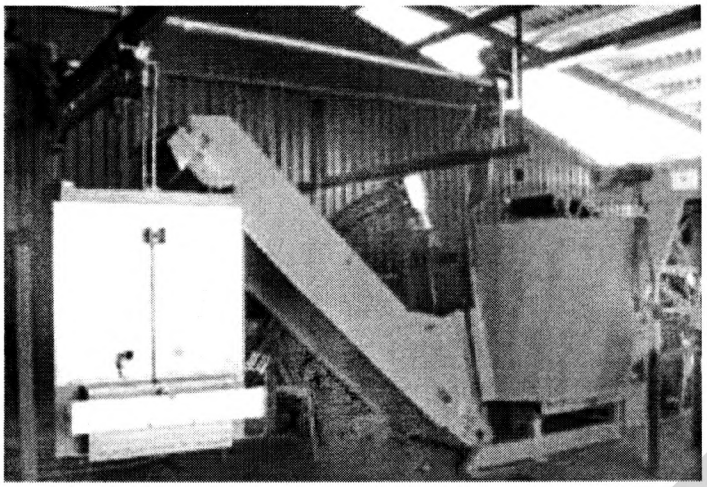


Рисунок 2.48 – Система автоматического кормления коров MIX&CARRY

Таблица 2.8 – Техническая характеристика смесителей–кормораздатчиков MVM

Показатели	Модель		
	MVM 6,5/8/10	MVM14/18	MVM22/27
Вместимость, м^3	6,5/8/10	14/18	22/27
Установленная мощность, кВт	15	22	30
Число:			
шнеков	1	2	2
ножей	5	10	14

Системой управляет компьютер через сенсорный экран. Компьютер совместим со всеми мобильными устройствами, таких как планшеты, ноутбуки, смартфоны и персональные компьютеры. Корма, рационы и кормовые информацию о группе можно изменять с помощью программного обеспечения на компьютере или с мобильного устройства. Система является также саморегулирующейся, т. е. компьютер решает саму проблемы, чтобы не допустить каких-либо сбоев. Отчеты об ошибках могут быть отправлены пользователю по SMS.

Автоматическая система кормления способна повысить частоту проходов, так как свежая порция повышает продуктивность животного и качество молока. Применение автоматических систем кормления позволяет повысить эффективность рациона на 1,7 кг молока в расчете на 1 кг сухого вещества кормов.

Автоматическая система кормления Triomatic серии T10, T20 включает в себя робот-кормораздатчик с объемом бункера 3 м^3 с накладками Triocat, два вертикальных шнека, поперечный ленточный транспортер с раздачей налево и направо, электронная система взвешивания, терминал для ручного управления, источник питания и монорельс.

Triomatic T10(рис. 2.49) состоит из автономного робота для кормления с бункером смесителя объемом 3 м^3, и 2 вертикальных смесительных шнеков. Робот для кормления висит на рельсе и двигается при помощи двух троллейных систем. Одной из систем, тележка с электрическим приводом. Второй диск может быть добавлен, если, например, разница по высоте внутри или снаружи помещения должны быть компенсированы. Основным преимуществом подвесного робота является то, что если есть необходимость преодолеть препятствие, то он может быть поднят. Эта функция позволяет, кормить скот в нескольких помещениях даже при наличии перепадов высот.

Обрезиненные колеса может быть установлены по одну сторону от блока электрического питания для передвижения робота; а с другой стороны - свободно вращающееся колесо с двумя счетчиками импульсов для того, чтобы определить положение робота в помещении. Энергия подается с помощью рядом расположенной шины. Робот для кормления оснащен ленточным транспортером для выгрузки на правую и левую стороны. Бамперы безопасности в передней и

Репозиторий БГАТУ

задней части робота обеспечивают остановку робота, если он приближается к препятствию. В экстренном случае фермер получает текстовое сообщение. При этом робот кроме раздачи кормов имеет техническую возможность пододвигать недоеденную кормовую смесь ближе к кормовому столу, благодаря чему коровы больше съедают корма, увеличивая тем самым молокоотдачу.

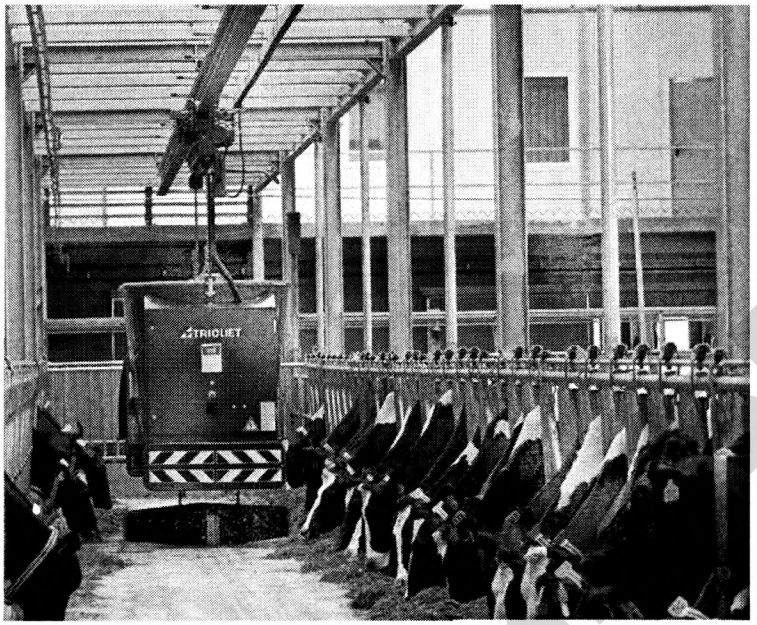


Рисунок 2.49 - Автоматическая система кормления Triomatic серии T10

Triomatic T20 (рис. 2.50) состоит из такого же робота кормления T10. Однако, автоматические системы кормления имеет один или более стационарных миксеров. Количество стационарных смесителей зависит от количества компонентов в рационе кормления. Смесители перемешивают корма до рыхлой однородной структуры. Позже к корму примешиваются концентраты и прочие добавки. T20 подойдет фермерам, желающим приготовить базовый единый рацион для коров с возможностью примешивания минеральных и витаминных добавок.

Конструктивные особенности линии T20: электрический привод, два или три шнека, горизонтальная система смесительного потока с ассиметричными вставками, самозатачивающиеся ножи, узкая шнековая стойка.

Компания ОАО «Борисовский завод «Металлист» совместно с компанией TRIOLIET разработала *автоматическую систему кормления Triomatic T30* (рис. 2.51). Может быть использована при кормлении 500 голов КРС. Состоит из двух частей: кухня и кормовой робот. Компьютер управляет всей системой с помощью простой компьютерной программы. Кормовой робот благодаря богатому выбору рационов кормления может раздавать, в зависимости от стадии лактации, индивидуальные кормовые смеси для различных групп животных. Для этого требуется только иметь запас кормов и добавок, а также запрограммировать кормовой робот, который может раздавать самостоятельно корма с добавками до 12 раз в сутки, в результате чего скот постоянно стимулируется глотать пищу.

Автоматическая линия кормления Triomatic T30 аналогична роботу кормления T20 и представляет собой сочетание робота питания с одним или несколькими бункерами. Однако отличается количеством стационарных смесителей. Их количество зависит от количества компонентов в рационе.

Репозиторий БГАТУ

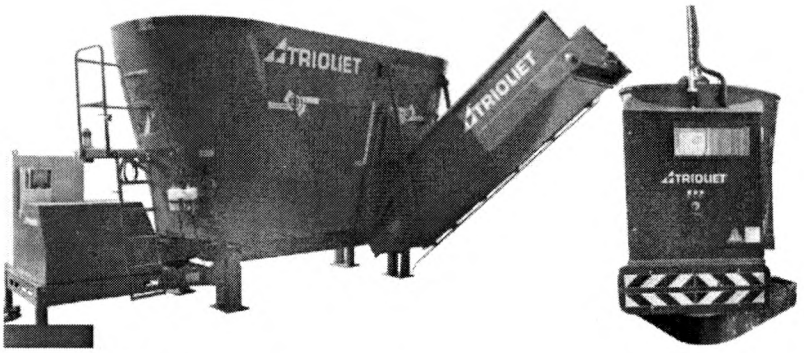


Рисунок 2.50 - Автоматическая система кормления Triomatic серии T20

Для кормления робот загружает корм в бункер. Количество корма запрограммировано заранее в компьютере. Бункеры полностью с гидравлическим приводом и имеют большую емкость, которая подходит для всех типов кормов. Благодаря специальной конструкции с секцией горизонтальной загрузкой и большая шириной загрузки, бункер легко загружать, используя трактор с фронтальной погрузкой.

Рисунок 2.51 - Автоматическая система кормления Triomatic серии T30

Автоматическая система кормления Triomatic T40 (рис. 2.52) для раздачи на кормовой стол включает 3 кормовых отсека длиной 6 м для блоков и рулонов, система резки с двойными ножами и ротором с контролем толщины среза, поперечные ленты транспортера и элеватора со встроенной системой взвешивания, полный электропривод с беспроводным пультом дистанционного управления.

Корм можно хранить в бункерах в течение нескольких дней в виде связанных блоков или тюков.

Днище каждого бункера выполнено в виде транспортера, который перемещает размещенный в нем корм к передней торцевой части отделения, над которой установлена подвижная режущая система, производящая выемку заданного количества корма из указанного отсека

Далее отобранные исходные компоненты кормосмеси транспортером подаются в подвесной робот-кормораздатчик. При этом поступление кормов в бункер осуществляется дозировано в строгом соответствии с запрограммированным рецептом благодаря наличию в роботе электронной системы взвешивания. Приготовление кормосмеси выполняется системой измельчения-смешивания, выполненной в виде двух вертикально установленных шнеков. Все перемещения робота осуществляются по монорельсу, снабженному токопроводящей шиной.

Большие фрезы имеют производительность до 1,5…2,5 тонн на блок. Режущая поверхность фрезы гладкая, это означает, что есть меньше вероятность нагрева при резке силоса. Режущая система имеет два лезвия, которые двигаются в противоположных

Репозиторий БГАТУ

направлениях друг относительно друга. Корма разрезаются под углом, так что блок может быть разрезан без падения. Желаемая толщина ломтиков может быть настроена на заданный тип питания. Корм транспортируется к роботу через цепь поперечного транспортера. Цепной поперечный транспортер оснащен системой взвешивания, которая гарантирует высокую точность подачи.

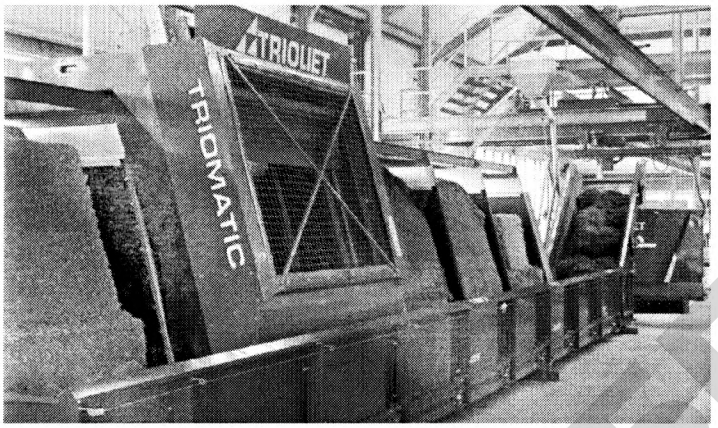


Рисунок 2.52 - Автоматическая система кормления Triomatic серии T30

Работа системы управляется и контролируется компьютером с помощью специально разработанной программы, которая позволяет выбирать рационы, время и периодичность кормления по группам животных и др. Благодаря этому значительно снижаются затраты труда обслуживающего персонала, связанные с кормлением животных даже при увеличении частоты кормления. Кроме того, система позволяет организовать гибкий рабочий график обслуживающего персонала, так как при выполнении работ по поддержанию необходимого запаса кормов оператор свободен в выборе времени.

Подвесной кормораздатчик FS 1600(рис. 2.53) предназначен для раздачи полностью сбалансированных по питательности кормосмесей на животноводческих фермах крупного рогатого скота.

Работает под управлением автоматизированной системы управления стадом Alpro® (в сочетании с системой идентификации животных) или стандартной бортовой системы управления. Стандартный бортовой компьютер управления имеет набор базовых функций для кормления коров, в том числе дневной рацион, режимы увеличения и уменьшения порции кормов и режим расчетного потребления корма на одну голову. Может работать в сочетании со стационарным кормосмесителем. Работает в автономном и автоматическом режимах, обеспечивает раздачу кормосмеси до 10 раз в сутки. Обслуживает до 200 коров.

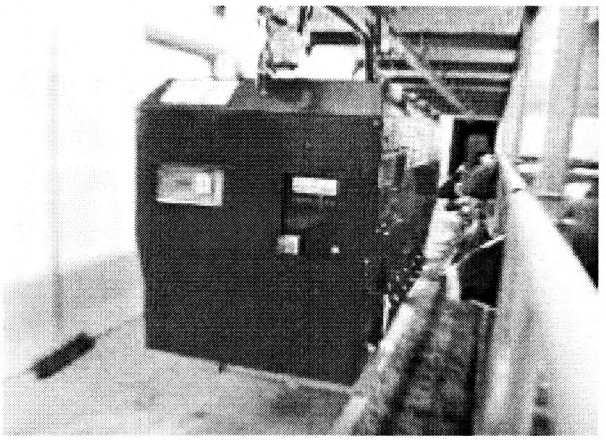


Рисунок 2.53 - Подвесной кормораздатчик FS 1600

Репозиторий БГАТУ

*Подвесные кормораздатчикиFW-100/200 и FW-FMFW (*рис. 2.54) предназначены для раздачи концентрированных кормов на животноводческих фермах крупного рогатого скота.

Могут работать под управлением автоматизированной системы управления стадом Alpro® (в сочетании с системой идентификации животных) или стандартной бортовой системы управления. Стандартный бортовой компьютер управления имеет набор базовых функций для кормления коров, в том числе дневной рацион, режимы увеличения и уменьшения порции кормов и режим расчетного потребления корма на одну голову. При односторонней раздаче кормов могут устанавливаться два дополнительных контейнера для минеральных добавок. Особенно эффективно использовать в животноводческих помещениях с узкими кормовыми проходами при привязном содержании животных.

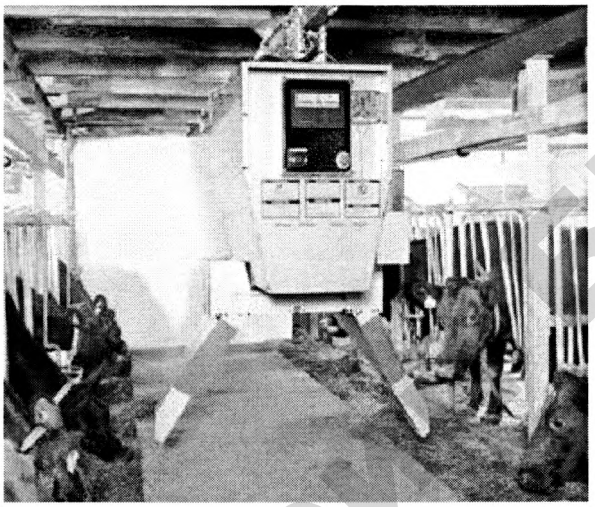


Рисунок 2.54 -Подвесные кормораздатчики FW-100/200 и FW-FMFW

Выпускается для раздачи двух, трех или четырех типов кормов. Обслуживают до 500 коров. Вместимость бункера FW100 - 286 л, FW200 — 380 л, FWFM 460 - 1300 л. Имеют автономное питание от аккумуляторной батареи (8 А).

В 2016 году голландская фирма Lely выпустила модель пододвигателя корма – *робот Juno 150* (рис. 2.55). Представляет собой бетонный блоквесом 600 кг, а на нем рама с колесами и мотором. Робот оснащен ультразвуковым датчиком, который позволяет ему рассчитывать расстояние до препятствия. Ориентация в пространстве идет по кормовой решетке: он самостоятельно принимает показатели и делает расчеты, на какую ширину подвинуть корм. Дополнительно робот оборудован гироскопом, что дает возможность совершать повороты на 45…90 градусов. Для отпугивания коров имеется функция «электрошок».

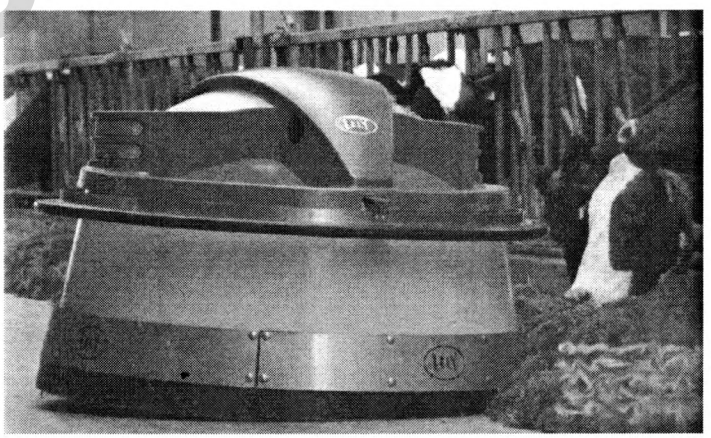


Рисунок 2.55 - Пододвигателя корма робот Juno 150 фирмы Lely

Репозиторий ВГАТУ

Имеются модели, которые могут переезжать из одного помещения в другое по специально проложенной металлической дороге, аналогом рельсовой, а сам робот оборудуется дополнительным датчиком.

Отправной и конечной точкой в маршруте робота является база, от которой он заряжается. Совершать движения робот может 24 раза в сутки – т.е каждый час, активируя животных на потребление корма, увеличивая количество подходов коровы к кормовому столу до 12 раз в сутки, что позволяет увеличить молочную продуктивность у коров до 300 граммов молока на голову.

Для управления и контроля за роботом автономно с компьютера, планшета или телефона имеется порт Bluetooth.

2.6 Расчет стационарных кормораздатчиков

2.6.1 Расчет параметров стационарного ленточного кормораздатчика

Ленточный т*ранспортер-раздатчик кормов* (рис. 2.56) обеспечивает раздачу всех видов кормов (кроме жидких) при обслуживании крупного рогатого скота и овец. Кормораздатчик включает в себя кормушки 6, приводную и натяжную станции, рабочий орган (тяговая цепь 8 и лента 7), загрузочный бункер, электрооборудование.

Натяжную станцию с загрузочным бункером располагают за пределами торцевой стенки коровника, в тамбуре со сквозным проездом для мобильного кормораздатчика.

Рабочий орган кормораздатчика перемещает корм по желобу. Он представляет собой замкнутый контур, состоящий из ленты и цепи, которые соединены предохранительным устройством. Конечные выключатели останавливают рабочий орган в крайних положениях хода при помощи упоров с лыжами. Кормовой желоб, наряду с направляющей для рабочего органа, одновременно служит кормушками для животных, к которым крепятся кронштейны автопоилок.

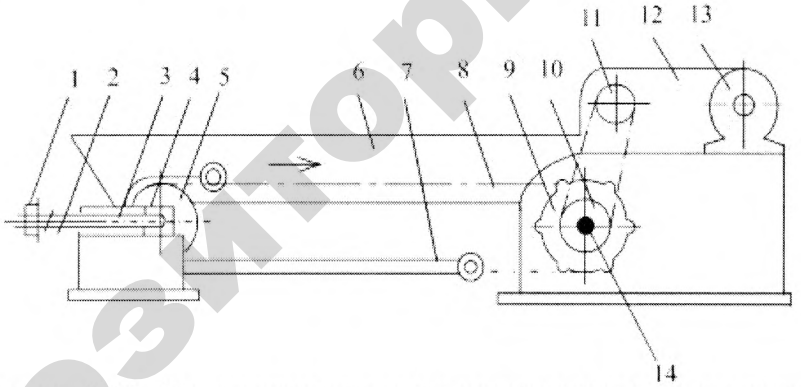


Рисунок 2.56 - Технологическая схема ленточного кормораздатчика:
1 – гайка; 2 – натяжная станция; 3 – винт натяжной; 4 – ползун; 5 – ведомый барабан;
6 – кормушка; 7 – лента; 8 – цепь; 9, 10, 11 – звездочки; 12 – редуктор; 13 – электродвигатель;
14 – ведущий вал

Приводная станция приводит в движение рабочий орган кормораздатчика и состоит из рамы, редуктора 12, электродвигателя 13, приводных звездочек 9, 10, 11.

Производительность ленточного транспортера можно определить по формуле

$$Q_л = F_л V_л \rho \ , \qquad (2.55)$$

где $F_л$–площадь поперечного сечения корма на ленте во время его перемещения, м^2; $V_л$– скорость ленты, м/с; ρ – плотность корма, кг/м^3.

На рис. 2.57видно, что общую площадь поперечного сечения корма на ленте можно выразить как сумму:

$$F_л = F_1 + F_2 \ . \qquad (2.56)$$

Репозиторий БГАТУ

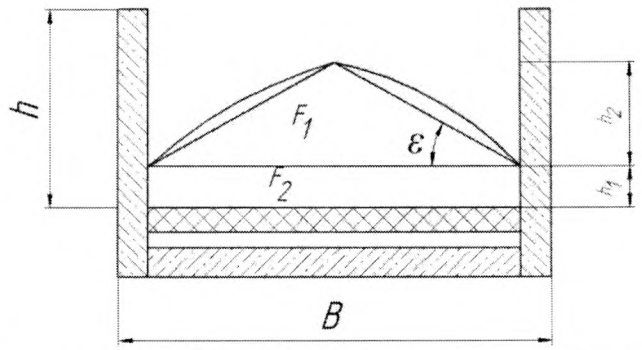


Рисунок 2.57 - К расчету параметров ленточного корморздающего устройства

Площадь F_1, можно с некоторым допущением представить как площадь равнобедренного треугольника, боковые стенки которого наклонены к основанию под углом естественного откоса транспортируемого корма в движении:

$$F_1 = \frac{h_2 B}{2}. \tag{2.57}$$

При этом:

$$h_2 = \frac{B}{2} tg\varepsilon \tag{2.58}$$

Площадь F_2с некоторым допущением можно выразить как площадь прямоугольника:

$$F_2 = h_1 B \tag{2.59}$$

С учетом представленных выше уравнений общая площадь поперечного сечения корма на ленте:

$$F_л = B(0{,}25 \cdot B \cdot tg\varepsilon + h_1) \tag{2.60}$$

Подставляя выражение (2.60) в формулу (2.55), получим уравнение для определения производительности (подачи) плоской ленты, размещенной в желобе корморздатчика:

$$Q_л = BV_л\rho(0{,}25Btg\varepsilon + h_1). \tag{2.61}$$

2.6.2 Устройство и расчет основных показателей стационарных цепочно-скребковых корморздающих устройств

Цепочно-скребковые транспортеры распространены на фермах для раздачи сухих концентрированных, грубых и сочных кормов, влажных мешанок. *Достоинства* этих транспортеров – простота конструкции, возможность подачи корма в любом из двух направлений, а при необходимости одновременно в обоих.

Основные недостатки цепочно-скребковых конвейеров – истирание корма в процессе транспортировки, большое сопротивление от трения скольжения корма по стенкам желоба, быстрый износ цепи и желоба.

На фермах используют стационарный скребковый корморздатчик (рис. 2.58) предназначен для транспортировки, группового дозирования и распределения кормовых продуктов по фронту кормления в помещениях для содержания молодняка крупного рогатого скота. Представляет собой горизонтальный цепочно-скребковый транспортер 2 открытого типа, смонтированный на дне желоба кормушки 1,состоящей из двух параллельных и закольцованных каналов.

Репозиторий БГАТУ

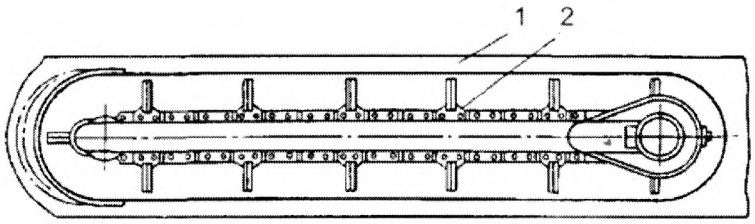


Рисунок 2.58 - Стационарный скребковый раздатчик кормов:
1 – кормушка; 2 – цепочно-скребковый транспортер

Корм загружается вблизи привода и перемещается скребками по желобу кормушки до ее равномерного заполнения по всей длине. Производительность установки 15 т/ч.

При работе цепочно-скребкового кормораздающего транспортера каждый скребок транспортирует порцию корма, которую с некоторым приближением можно принять за призму. Последняя имеет в продольном сечении форму, близкую к неравнобокой трапеции (рис. 2.59).

Тогда объем порции корма:

$$V_л = \frac{l + l_1}{2} h_c b_c \ , \tag{2.62}$$

где h_c и b_c – высота и ширина скребка, м.

Тогда:

$$l = l_1 + h_c tg\varepsilon \ , \tag{2.63}$$

где ε – угол обрушения (осыпания) транспортируемого норма, град.

Подставив значение l в уравнение (2.62), получим:

$$V_л = \left(l_1 + \frac{h_c ctg\varepsilon}{2} \right) h_c b_c \ . \tag{2.64}$$

При расчетах значение угла ε принимают равным 0,7…0,8 угла естественного откоса корма, находящегося в покое.

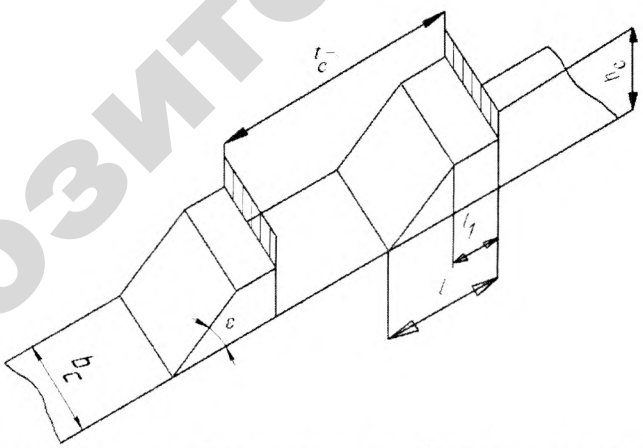


Рисунок 2.59 - К расчету параметров цепочно-скребкового кормораздающего устройства

Производительность цепочно-скребковых транспортеров:

$$Q_т = \frac{V_л v_ц \rho}{l_c} \ , \tag{2.65}$$

где $v_ц$ – скорость движения цепи со скребками, м/с ($v_ц$ = 0,25…0,5 м/с); ρ – плотность корма, кг/м^3; l_c – расстояние между скребками, м.

Репозиторий БГАТУ

Значение l_cрекомендуют выбирать больше длины l порции транспортируемого корма. Принимаютl_c= (6…8)/h_c. Подставляя в формулу (2.65) выражение (2.64) и заменяя $l_1 = k_1 h_c$ и $b_c = k_2 h_c$ (k_1и k_2–коэффициенты пропорциональности), получим:

$$Q_л = \left(k_1 + \frac{ctg\varepsilon}{2} \right) k_2 \rho \frac{v_ц}{l_c} h_c^3 , \qquad (2.66)$$

откуда расчетная высота скребка:

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q_ë}{\left(k_1 + \frac{ctg\varepsilon}{2} \right) k_2 \rho \frac{v_ö}{l_c}}} . \qquad (2.67)$$

В отдельных случаях, когда достаточно расчетов для подсчета производительности и параметров цепочно-скребкового транспортера, можно воспользоваться упрощенной формулой

$$Q_л = bhv_ц \rho \psi k_n . \qquad (2.68)$$

Учитывая далее, что $b = k_2 h$, можно записать:

$$h = \sqrt{\frac{Q_л}{k_2 k_n v_ц \rho \psi}} ,$$

$$b = \sqrt{\frac{k_2 Q_л}{k_n v_ц \rho \psi}} , \qquad (2.69)$$

где *h*и*b*–высота и ширина желоба (по внутреннему обмеру), м; k_n– коэффициент учитывающий влияние угла подъема β транспортера, k_n=1-(0,01…0,02) β; ψ – коэффициент заполнения желоба кормом (при открытом желобе ψ < 0,5, при закрытом ψ= 0,9).

Потребная мощность для привода цепочно-скребкового транспортера:

$$N = \frac{g}{\eta} \left(f_1 ML v_ц \pm MHv_ц + 2\chi_1 M_Ц L v_ц \right), \qquad (2.70)$$

где *g*– ускорение свободного падения, м/с^2; η – к.п.д. передачи; f_1 – коэффициент трения корма о желоб; *M* – нагрузка на 1 м длины транспортера, кг/м, *M*= *Q*/$v_ц$;*L*–длина транспортера, м; *H* – высота подъема корма, м; χ_1 – коэффициент сопротивления движущихся частей транспортера (для безроликовых цепей χ_1 = 0,15…0,2; для роликовых χ_1 = 0,1…0,12); $M_ц$ – масса одного метра цепи со скребками, кг/м.

В уравнении (2.70) *первое слагаемое* выражает потребную мощность на перемещение корма по горизонтали, *второе* – мощность на транспортировку корма по вертикали (вверх – знак «плюс», вниз – знак «минус»), *третье*– мощность на холостой ход транспортера.

Нередко цепочно-скребковые транспортеры работают в таких условиях, когда их скребки полностью погружены в транспортируемый кормовой продукт. Если высота корма превышает высоту скребков, то кормораздатчик работает как транспортер с погруженными скребками. Его производительность:

$$Q_л = k_0 k_y k_r k_n hb\rho\psi , \qquad (2.71)$$

где k_0 – скоростной коэффициент, учитывающий отставание транспортируемого корма от цепи со скребками (для зерновых измельченных кормов K_0 = 0,45…0,8; для неизмельченных k_0= 0,6…0,9); k_y–коэффициент уплотнения перемещаемого материала в желобе под воздействием скребков (для зерновых измельченных кормов k_y = 1,05…1,1); k_r–геометрический коэффициент производительности, учитывающий потери полезного объема желоба, занимаемого цепью и скребками ($k_г$ = 0,95); k_n – коэффициент, учитывающий угол подъема транспортера (k_n= 1-(0,01…0,02)M).

Существенным недостатком стационарных кормораздатчиков является недостаточное резервирование необходимой безотказности оборудования. Процесс раздачи кормов по всему фронту кормления прекращается при выходе из строя любого из технических элементов данного кормораздатчика.

Репозиторий БГАТУ

3 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МАШИННОГО ДОЕНИЯ

Главнейшей задачей молочного хозяйства является обеспечение человека молоком и молочными продуктами. Человек начал конкурировать с телятами за молоко по меньшей мере за 9000 лет до н.э.

Гиппократ рекомендовал молоко в качестве лечебного средства и лекарства за 400 лет до н.э. С тех пор как человек одомашнил крупный рогатый скот, корова стала неотъемлемой частью всякого прогрессивного общества.

До изобретения денег состояние и богатство человека определялось поголовьем его скота. На первых введенных в обращение деньгах была выгравирована корова. Даже сегодня в некоторых странах на деньгах изображена корова.

3.1 Молоко и его свойства. Оценка качества

Молоко – продукт нормальной физиологической секреции молочных желез сельскохозяйственных животных, полученный от одного или нескольких животных в период лактации при одном и более доении, без каких-либо добавлений к этому продукту или извлечений каких-либо веществ из него. Состоит из дисперсной среды - плазмы, в которой растворены минеральные соли и молочный сахар, коллоидной фазы – белков и частей соли и мелкодисперсной фазы – молочного жира в виде шариков, окруженных белково-липоидной оболочкой.

Химический состав молока не является строго постоянным и зависит от вида животных, породы, возраста периода лактации, условий кормления, содержания и других факторов. Всего в молоке идентифицировано приблизительно 250 химических компонентов, в том числе около 140 различных жирных кислот. Состав молока некоторых видов млекопитающихся представлен в табл.3.1.

Таблица 3.1 - Состав молока некоторых видов млекопитающихся

Млекопитающее	Состав молока, %				
	белок	лактоза	молочный жир	зола	общее содержание сухого вещества
Женщина	1,6	7,0	3,7	0,2	12,5
Кобыла	2,2	5,9	1,3	0,4	9,8
Корова	3,3	5,0	4,0	0,7	13,0
Коза	3,7	4,2	4,1	0,8	12,8
Свинья	4,9	5,3	5,3	0,9	16,4
Собака	7,1	3,7	8,3	1,3	20,4

К физическим свойствам молока можно отнести кислотность и pH, плотность, вязкость, точки замерзания и кипения.

Нормальная величина pH молока при комнатной температуре составляет 6,5…6,7. Реакция молозива более кислая, а pH мастистого молока обычно выше и достигает 7,3. По мере увеличения температуры pH снижается.

Применяют выражение кислотности и в градусах Тернера, (°Т), которую определяют путем титрования с едким натром. В коническую колбу, емкостью 150…200 мл отмеривают пипеткой 10 мл молока, добавляют 20 мл дистиллированной воды и 3 капли фенолфталеина (индикатора). Смесь тщательно перемешивают и титруют децинормальным раствором едкого натра, приливая его из бюретки до появления слаборозового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин. Количество едкого натра, выраженное в мл, увеличивают на 10. Это служит показателем кислотности молока в градусах Тернера. Этот показатель отражает деятельность бактерий, при которой лактоза разлагается до молочной кислоты. Молоко, имеющее pH около 6,5…6,7 имеет титруемую кислотность около 14…18 °Т. Обычно человек говорит о молоке, что оно прокисло, когда титруемая кислотность выше 25 °Т.

Репозиторий БГАТУ

При повышении температуры плотность молока снижается, но удельная масса остается относительно постоянной, примерно равной 1,032 кг/м^3. Удельная масса – это плотность вещества, деленная на плотность воды при той же температуре. Удельная плотность используется для контроля состава концентрированных молочных продуктов (сгущенное молоко) в процессе производства, а также для исследования проб на наличие добавленной в молоко воды.

Вязкость нормального молока колеблется от 1,5 до 2,0 сантипауз при 20°С. С увеличением температуры вязкость молока возрастает.

Большинство проб молока замерзает в пределах от –0,530 до –0,550°С. В норме молоко кипит приблизительно при 100,5°С и абсолютном давлении 760 мм ртутного столба.

При образовании молока из организма коровы в него переходят иммунные тела и бактерицидные вещества (лизоцимы и лактенины), задерживающие развитие бактерий в свежевыдоенном молоке. Период действия этого свойства свежевыдоенного молока называют бактерицидной фазой. Продолжительность действия бактерицидной фазы зависит от санитарных условий получения молока и температуры охлаждения (табл. 3.2).

При обычной температуре активность этих веществ сохраняется около 2 ч. При температуре 277…278°К жизнедеятельность бактерий практически прекращается, что создает условия для длительного хранения. Поэтому охлаждение молока нужно проводить сразу после его выдаивания, не ожидая окончания дойки всего стада.

Молоко высокого качества можно получить, если состояние ферм отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, а весь персонал, связанный с получением и первичной обработкой молока, повседневно соблюдает правили личной гигиены.

Таблица 3.2 - Продолжительность действия бактерицидной фазы

Температура молока, °К	Условия получения молока	
	хорошие	плохие
310	3,0	2,0
303	5,0	2,3
289	12,7	7,6
286	36,0	19,0

Молоко скоропортящийся продукт. Чтобы сохранить его пищевую и технологический ценность необходимо проводить первичную обработку и переработку.

Технологические схемы первичной обработки и переработки молока подразделяются на основные и вспомогательные операции.

Основные:

1. Биохимическая (закваска, брожение, сквашивание, витаминизация, созревание, химическая обработка и т.д.);

2. Механическая (очистка, нормализация, гомогенизация, эмульсирование, смешивание, прессование сырной массы, сбивание масла и т. д.);

3. Тепловая (пастеризация, охлаждение, подогрев и т. д.).

Вспомогательные операции: прием; взвешивание; отбор проб и качественная оценка продукции; транспортировка; мойка и стерилизация посуды; хранение и сдача продукции.

Первичная обработка молока проводится в целях сохранения молока в свежем виде в период доставки потребителям. Она состоит из фильтрования, охлаждения, хранения, учета и в случае необходимости в пастеризации, сепарирования и нормализации молока.

Молоко питьевое классифицируют:

- в зависимости от молочного сырья: из натурального молока, из нормализованного молока, из восстановленного молока, из рекомбинированного молока, из их смесей;

- в зависимости от режима термической обработки: пастеризованное, топленое, стерилизованное, УВТ-обработанное, УВТ-обработанное стерилизованное;

- в зависимости от массовой доли жира: обезжиренное (0,1%), нежирное (0,3…1,0%), маложирное (1,2…2,5%), классическое (2,7…4,5%), жирное (4,Ю7…7,0%), высокожирное (7,2…9,5%).

Репозиторий БГАТУ

Требования к качеству молока отражены в ГОСТ Р52054-2003. "Молоко коровье сырое. Технические условия." Согласно этим требованиям молоко относят к высшему, первому, второму сортам. Основные показатели, по которым определяют сортность молока, это органолептические (консистенция, вкус и запах, цвет), физико-химические (массовая доля белка, кислотность, группа чистоты, плотность, температура замерзания) показатели и показатели безопасности.

По органолептическим показателям молоко должно соответствовать требованиям, указанным в табл. 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 -Органолептические показатели молока

Наименование показателя	Норма для молока сорта		
	Высшего	Первого	Второго
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев. Замораживание не допускается		
Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку		
			Допускается слабовыраженный кормовой привкус и запах
Цвет	От белого до светло-кремового		

Таблица 3.4 – Физико-химические показатели молока

Наименование показателя	Норма для молока сорта		
	Высшего	Первого	Второго
Массовая доля белка, %	Не менее 2,8		
Кислотность, Т°	Не ниже 16,0 и не выше 18,0	Не ниже 16,0 и не выше 18,0	Не ниже 16,0 и не выше 21,0
Группа чистоты, не ниже	I	I	II
Плотность, кг/м^3, не менее	1028,0	1027,0	1027,0
Температура замерзания, °С	Не меньше минус 0,520		

При оценке показателей безопасности молока оценивают содержание микотоксинов (афлатоксин M_1), антибиотики (левомицетин, тетрациклиновая группа, стрепцтомицин, пенициллин), токсичные элементы (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), пестициды (гексахлорциклогексан, ДДТ и его метаболиты), радионуклеиды (цезий-137, стронций-90), перекисное число (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Микробиологические показатели питьевого молока в соответствии с Федеральным законом №88-ФЗ

КМАФАнМ, КОЕ/г не более	Масса продукта (г), в которой содержится			
	БГКП (колиформы)	Патогенные, в т. ч. сальмонеллы	Стафилококки S.ureus	Листерии
Молочнокислых микроорганизмов, не более 1х10^5	0,01	25	1	25

Степень чистоты молока определяют по эталону. Мерной кружкой берут 250 мл хорошо перемешанного молока, подогревают до 35…40°С и выливают в специальный прибор с фильтром. По количеству на фильтре механических примесей (рис. 3.1) молоко относят к трем группам. Температура молока при реализации не должно быть выше 10°С.

В зависимости от степени и типа обработки молок разделяют:

- сырое молоко - молоко, не подвергавшееся термической обработке;

Репозиторий ВГАТУ

- питьевое молоко – молоко с массовой долей жира не более 9%, произведенное из сырого молока и (или) молочных продуктов и подвергнутое термической или другой обработке с целью регулирования его составных частей;

- цельное молоко – молоко, составные части которого не подвергались воздействию посредством регулирования;

- нормализованное молоко – молоко, значения массовой доли жира или белка, или СОМО которого приведены в соответствие с нормами;

- восстановленное молоко – молочный напиток, изготовленный путем добавления питьевой воды в концентрированный, сгущенный или сухой продукт переработки молока.

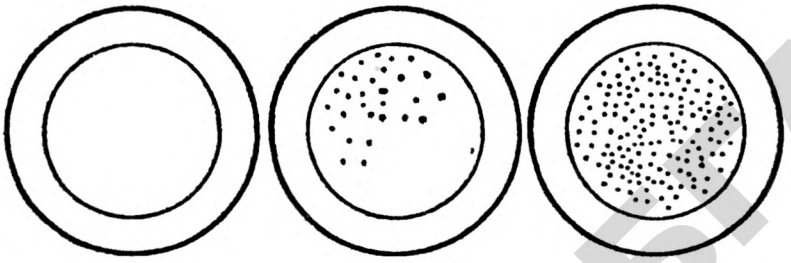


Рисунок 3.1 - Эталоны для определения чистоты молока:
а) I группа; б) II группа; в) III группа

Переработка молока предусматривает проведение ряда операций, направленных на изменение начальных свойств и качеств молока и получить питьевое молоко, сливки, творог, масло, сыр и др.

Натуральное цельное молоко требует выполнения следующих технологических операции: доение → фильтрование → охлаждение до 280°К→ прием → учет → выдача.

Питьевое молоко требует выполнения следующих технологических операций: прием молока не выше 19 Т°→ сортирование → очистка → нормализация жира, % → пастеризация → охлаждение → разлив → упаковка → выдача.

Выбор перечня технологических операций по обработке молока зависит главным образом от назначения получаемого молока как сырья для промышленности и принятой формы поставок молока. В связи с этим выбор номенклатуры молочного оборудования в молочных линиях современных ферм сам по себе не зависит от выбора типа доильной установки.

3.2 Физиологические основы машинного доения коров

Лактация коров включает два основных процесса: образование молока в молочной железе и его выведение из вымени – молокоотдачу.

При равномерном, быстром и полном выдаивании коров их суточные удои повышаются, и жирность молока возрастает. Учитывая высокую трудоемкость этого процесса, необходимо стремиться к возможно более полной его механизации в хозяйствах. Для успешной механизации доения нужны основы знаний о строении вымени, образовании и накоплении молока в нем, а также о закономерностях отдачи молока коровой.

Вымя коровы состоит их четырех долей (четвертей) (рис. 3.2). Каждая доля имеет самостоятельные выводные каналы, заканчивающиеся соском. Передние доли обычно менее емкие, чем задние. Снаружи вымя покрыто складчатой и весьма эластичной кожей. Правая и левая его половины отделены друг от друга эластичной перегородкой, служащей одновременно связкой, поддерживающей вымя.

Доли состоят из огромного количества мельчайших пузырьков – альвеол (0,1…0,4 мм в диаметре), выстланных изнутри однослойным секреторным эпителием. В этих секреторных клетках альвеол и образуется молоко. Альвеолы покрыты густой сетью кровеносных сосудов –

Репозиторий БГАТУ

капилляров. На внешней стороне альвеол расположены клетки миоэпителия звездчатой формы, которые играют большую роль в выведении молока из альвеол: сокращаясь, они сдавливают альвеолы и способствуют удалению молока в протоки.

Протоки, соединяясь, образуют молочные каналы, а затем молочные ходы, впадающие в молочную цистерну. Ниже нее расположен сосок, внутри которого имеется сосковая цистерна. Сосковый канал в нижней части заканчивается запорной группой мышц – сфинкером.

Молоко образуется из так называемых предшественников молока – белков, жиров, углеводов и минеральных солей, содержащихся в крови. Эти питательные вещества поступают в организм с пищей и доставляются кровью по мельчайшим капиллярам к альвеолам вымени. В альвеолах происходят сложные биофизические и биохимические процессы взаимодействия между плазмой крови секреторными клетками альвеол, в результате чего в клетках осуществляется синтез молока.

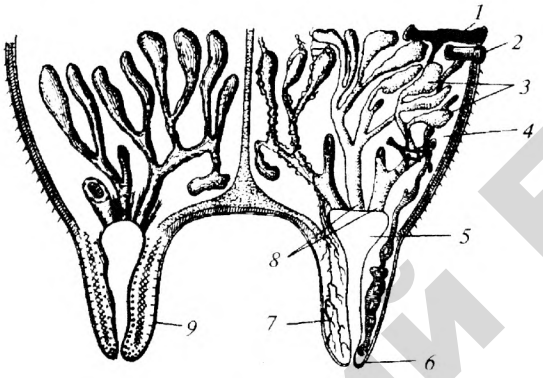


Рисунок 3.2 - Схема строения вымени коровы:
1 – артерия; 2 – вена; 3 – альвеолы; 4 – соединительная ткань; 5 – молочная цистерна; 6 – сфинкер; 7 – нервы; 8 – молочные протоки; 9 – сосок

Процесс образования молока протекает весьма интенсивно. Корова с удоем 20 кг вырабатывает в сутки около 700 г белка, 800 г жира и 900 г молочного сахара. Через вымя протекает большое количество крови. Для синтеза 1 л молока молочная железа пропускает около 450 л крови.

Образуется молоко в вымени коровы в промежуток между дойками. На ход этого процесса существенное влияние оказывает вместимость вымени. До заполнения вымени на 80…90 % накопление в нем молока происходит практически равномерно. В процессе молокообразования молоко скапливается в альвеолах; при этом избыточное давление внутри вымени повышается до 4 кПа. Далее интенсивность образования его резко замедляется, накопление его прекращается, а затем наблюдается всасывание отдельных составных частей молока в кровь. При этом снижается кислотность молока на 2,5…3 °Т.

У коров средней продуктивности емкость вымени заполняется молоком в период наивысших удоев (на 2-ом – 4-ом месяцах лактации) через 12…14 ч. Для поддержания на высоком уровне процесса молокообразования необходимо систематически освобождать вымя от накопленного в нем молока.

Основная часть молока с более высокой жирностью находится в альвеолярном отделе. Чтобы получить молоко, необходимо вызвать рефлекс молокоотдачи.

Молокоотдача представляет собой сложную двигательную реакцию молочной железы, проявляющуюся в вытеснении молока из альвеолярного отдела в молочные цистерны вымени. Вызывается она безусловно рефлекторным путем, т.е. посредством воздействия раздражителей (теплоты или давления) непосредственно на рецепторы нервной системы вымени, так и под действием условно рефлекторных стимулов, воспринимаемых другими анализаторами внешних раздражителей (слух, зрение и т.д.).

В результате многократного осуществления доения в постоянных условиях на ферме и совпадения во времени акта доения с определенными факторами внешней среды (время, место, последовательность операций на вымени, запуск в работу вакуум-насоса и т.д.) у коров форми-

Репозиторий БГАТУ

руются условные рефлексы молокоотдачи и вырабатывается устойчивый стереотип поведения при машинном доении.

Рефлекс молокоотдачи осуществляется одновременно и с одинаковой силой во всех долях вымени, несмотря на различие в количестве образующегося в них молока.

Об интенсивности молокоотдачи судят по крутизне начальной части кривой молокоотдачи (рис. 3.3), отражающей совокупное действие таких показателей процесса, как усилие, применяемое для извлечения молока, а также скорость и время выдаивания. В процессе машинного доения реализуются две задачи. Во-первых, необходимо воздействовать на корову таким образом, чтобы она "припустила", т.е. была готова полностью отдать молоко. Во-вторых, это молоко нужно извлечь, выдоить из вымени.

Внутренний механизм молокоотдачи сводится к следующему. Раздражение окончаний нервных волокон (рецепторов), возникающее при сосании вымени теленком или доении, через центральную нервную систему передается в головной мозг животного. В ответ на это раздражение (внешний сигнал) мозг выдает команду в гипофиз (железа внутренней секреции, расположенная у основания головного мозга), который выделяет в кровь особый гормон – окситоцин. Последний, дойдя по системе кровообращения до вымени, вызывает быстрое и энергичное сокращение звездчатых мышц, в результате чего молоко из альвеол начинает интенсивно переходить в молочные цистерны и соски. Происходит так называемый "припуск" молока, являющийся ответом животного на внешние раздражения. При этом избыточное давление в вымени быстро возрастает до 5 кПа. От момента получения внешнего сигнала до активного припуска молока проходит около 45 с. За это время должны быть выполнены все подготовительные операции на вымени и включен в работу доильный аппарат, поскольку гормон (окситоцин), выделенный гипофизом в кровь, быстро разрушается и перестает воздействовать на альвеолы. Активное сжатие последних при доении длится 3…4 минуты, после чего мышечные волокна расслабляются, наступает спад, а затем и полное прекращение молокоотдачи, независимо от того, выдоена корова или нет.

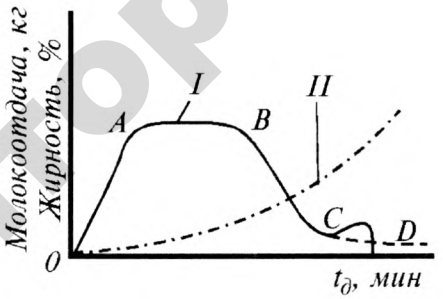


Рисунок 3.3 - График интенсивности молокоотдачи:
I – молокоотдача; II – жирность; OA – конец скрытого периода; AB – период активного припуска молока; BC – окончание припуска; CD – вторичный припуск при машинном додаивании

Первое и самое важное требование физиологии – выработать у животного полноценный и устойчивый рефлекс молокоотдачи, т.е. приучить корову быстро и полностью отдавать молоко при доении машиной. Это достигается надлежащей подготовкой вымени и правильной организацией работы дояра.

Важно иметь в виду, что внешние раздражения могут как стимулировать, так и тормозить молокоотдачу. К числу положительных раздражителей относятся тепло, приятные физические воздействия на вымя, строгое соблюдение последовательности и выдерживание ритма всех операций машинного доения, спокойное обращение с коровой со стороны дояра. Необходимо правильное проведение подготовительных, основной и заключительных операций.

При подготовке к дойке проверяют уровень вакуума, отсутствие воды в межстенных камерах доильных стаканов, частоту пульсаций пульсатора. В холодное время года доильные стаканы перед надеванием на соски прогревают горячей водой. Не более чем за минуту до надевания доильных стаканов вымя обмывают чистой теплой водой (t = 40…45°C) из разбрызгивателя или ведра и вытирают чистым теплым полотенцем, протирают соски вымени и, одно-

Репозиторий ВГАТУ

временно охватывая их руками, подталкивают их снизу вверх для усиления рефлекса молокоотдачи. Если рефлекс молокоотдачи не наступил после обмывания и вытирания вымени, то дополнительно делают массаж.

Перед надеванием доильных стаканов из каждого соска сдаивают несколько струек молока в специальную кружку для обнаружения признаков заболевания вымени маститом.

Далее на соски одевают доильные стаканы. Нельзя устанавливать доильные стаканы на соски до того, как корова припустит молоко.

Продолжительность подготовки вымени к дойке не менее 40 и не более 60 с.

Основная операция – собственно машинное доение. Необходимо предусмотреть в период наибольшего выдаивания полный отвод молока из подсосковых камер доильных стаканов. При спадании напряжения вымени, которое определяется визуально и прощупыванием четвертей, уменьшении или прекращения потока молока проводят машинное додаивание путем оттягивания одной рукой доильных стаканов за коллектор вниз и вперед с одновременным контролем и при необходимости массажом четвертей вымени другой рукой. Важно обеспечить полное выдаивание машиной всех коров без применения ручного додаивания, так как это приучает коров к неполной отдаче молока в доильный аппарат. Машинное додаивание не должно быть более 30 с.

Основная операция должна быть завершена за 4…6 мин с учетом машинного додаивания со скоростью доения до 30…35 г/с.

Заканчивают машинное додаивание, когда поток молока прекращается сниманием доильных стаканов с вымени.

Нельзя снимать доильные стаканы под вакуумом. Очень важно не допускать передержки их на вымени и своевременно снимать с сосков.

С точки зрения быстроты выдаивания не следует держать в стаде и тугодойных коров; из-за узости соскового канала, а также сильного развития кольцевого мускула (сфинкера), расположенного внизу соска и запирающего его отверстие, такие коровы плохо выдаиваются. При слабом же развитии соскового сфинкера молоко при наполнении вымени обычно самопроизвольно вытекает из него, что также нежелательно.

3.3 Способы доения коров

Способы доения коров могут быть разными: естественный – сосание вымени теленком; ручной – выжимание молока из вымени руками дояра; машинный – отсасывание или выжимание молока из сосков доильным аппаратом.

При естественном способе для того, чтобы извлечь молоко, теленок вбирает сосок в рот, прижимает его к небу и создает вакуум в ротовой полости, размыкая челюсти и оттягивая язык. Этот акт может быть разделен на две фазы: активную и пассивную. В активной фазе одновременно происходят два процесса: а) создание вакуума на конце соска (в ротовой полости) и б) создание отрицательного давления внутри соска. В фазе отдыха вакуум в конце соска ослабляется по мере расслабления рта теленка. К концу каждого цикла в сосковой цистерне остается вакуум около 20 мм ртутного столба. Далее давление на основание соска ослабляется, и сосковая цистерна заполняется молоком. Затем цикл повторяется. За одну минуту можно наблюдать 100…120 циклов. Сосание теленком – наиболее быстрый способ эвакуации молока из молочной железы.

При ручном доении вокруг соска вакуума не создается. Молоко выводится через сосковый канал под действием высокого давления внутри сосковой цистерны, создаваемого при сжатии соска рукой .

Для этого большим и указательным пальцами выжимают молоко. Далее под давлением пальцев (среднего, безымянного и мизинца) молоко удаляется через сосковый канал, при этом сосок массажируется.

Недостатки ручного доения: 1) одновременно можно выдаивать молоко только из двух сосков, в то время как рефлекс молокоотдачи распространяется сразу на все вымя коровы; 2) поступающее в открытое ведро молоко загрязняется; 3) доение сопряжено с большими затратами труда; 4) за смену одна доярка выдаивает обычно лишь 10…12 коров.

Репозиторий БГАТУ

Все недостатки ручного доения устраняются *при машинном доении* коров. Распространено оно в большинстве крупных хозяйств. Машинное доение значительно облегчает труд доярок, повышает его производительность в несколько раз, что ведет к снижению себестоимости молока. При машинном доении получают доброкачественное молоко: оно поступает из вымени в закрытую систему и не соприкасается с внешней средой. Работа доярок при машинном доении заключается в подготовке коров к доению (обмывание, массаж вымени, сдаивание первых струек молока), надевании доильных стаканов на соски вымени, наблюдении за работой доильной машины и в своевременном ее отключении. После снятия стаканов проверяют полноту выдаивания коровы при легком массаже вымени. Иногда корову додаивают машиной после механического массажа вымени. Машинное доение коровы длится обычно 4…7 мин, причем за 1 мин выдаивается около 2…3 кг молока.

Машинное доение должно отвечать зоогигиеническим и зоотехническим требованиям, которые сводятся к: 1) быстроте выдаивания; 2) полноте извлечения молока; 3) равномерному выдаиванию всех сосков; 4) чистоте доения; 5) отсутствию болевых раздражений вымени; 6) недопустимости вакуума в сосках, что может привести к заболеванию вымени коровы маститом или появлению крови в молоке; 7) недопустимости наползания стаканов на соски. Работа доильного аппарата должна соответствовать физиологической норме организма коровы.

Исполнительным органом доильного аппарата служит доильный стакан, который одевается на сосок вымени. Он может быть одно- или двухкамерным. В камерах поддерживается необходимое вакуумметрическое давление. Для идеальной работы доильного аппарата необходимо строгое соответствие физиологических возможностей животного параметрам машины.

Нужно, чтобы коровы были максимально стандартизированы по удою, форме и размерам вымени и сосков, скорости и равномерности молокоотдачи и устойчивости к заболеваниям, в особенности к маститам. В настоящее время дойное стадо подбирают по признаку их пригодности к машинному доению, т.е. соответствию их тому или иному типу доильного аппарата и установки.

Период времени, в течение которого осуществляется физиологически однородное воздействие машины на животное, называется тактом, а период времени, в течение которого реализуется совокупность различных тактов, называется циклом или пульсом рабочего процесса доения.

В современных конструкциях доильных аппаратов применяются *двухкамерные стаканы.* Двухкамерный доильный стакан состоит из двух цилиндров – наружной гильзы и сосковой резины. Они образуют две камеры – межстенную и подсосковую. Когда в обеих наступает разрежение (рис. 3.4, а), сосковая резина не испытывает деформаций, поэтому молоко под действием разности давлений внутри вымени и под соском струей вытекает в подсосковую камеру, а из нее по молочному шлангу отводится в молокоприемник. Происходит такт сосания. Через некоторое время в межстенной камере действие разрежения прекращается, и давление в ней повышается до атмосферного. Вследствие разности давлений в камерах стакана сосковая резина сжимается, сфинкер соска закрывается, истечение молока прекращается. Происходит такт сжатия. На этом рабочий цикл заканчивается; за тактом сжатия снова следует такт сосания. Чередование тактов сосания и сжатия автоматически обеспечивается работой пульсатора. Работающие по такому принципу доильные машины называются двухтактными.

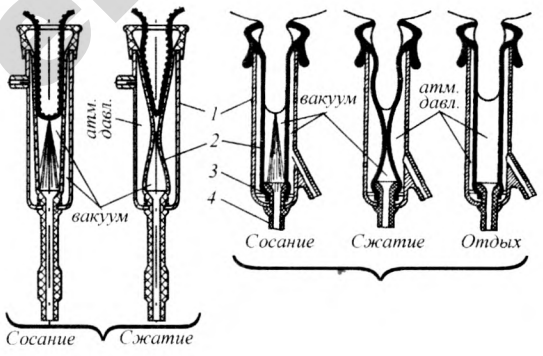


Рисунок 3.4 - Схема работы и устройство двухкамерных доильных стаканов:
а – двухтактное доение; б – трехтактное доение;
1 – стакан;
2 – резина сосковая; 3 – кольцо; 4 – патрубок молочный

а) б)

В трехтактной машине (рис. 3.4, б) в конце такта сжатия в подсосковую камеру также подается воздух, в ней создается атмосферное давление, в результате чего сосковая резина расправляется, сосок при этом не испытывает раздражения. Истечения молока в это время не происходит, сосок отдыхает, и в нем восстанавливается нормальное кровообращение. Происходит такт отдыха.

Преимущество двухтактных аппаратов – более высокая скорость доения; доильные стаканы лучше держатся на сосках вымени. Однако здесь может возникнуть опасность быстрого опорожнения молочной цистерны и распространения вакуума на внутреннюю область соска и в полость вымени, что может послужить причиной воспалительных явлений (мастита). В конце доения стаканы нередко наползают на вымя, в результате чего соски втягиваются глубоко внутрь, и тем самым ухудшаются условия как извлечения последних порций молока, так и восстановления нормального кровообращения в сосках. Такие аппараты требуют более высокой классификации дояров и строгого соблюдения правил машинного доения.

Трехтактный режим работы в большей степени отвечает физиологическим особенностям животного, нежели двухтактные: наличие такта отдыха способствует нормальному кровообращению в сосках и вымени коровы и притоку молока из вышерасположенных частей емкостной системы вымени; доильные стаканы к концу доения почти не наползают на основания сосков; незначительная передержка доильных стаканов на сосках вымени коровы не причиняет заметного вреда животному. К недостатку этих аппаратов относится несколько меньшая скорость выдаивания (по сравнению с двухтактными аппаратами).

3.4 Тип, устройство и рабочий процесс доильных аппаратов

По роду силы, используемой для извлечения молока из вымени коровы, аппараты делятся на *выжимающие* и *отсасывающие*, а по типу действия – *трехтактные*, *двухтактные* и *непрерывного отсоса*. Кроме того, их можно разделить на аппараты попарного и одновременного доения. По месту сбора молока различают аппараты со сбором молока в переносное или подвесное ведро, в подвижную емкость, в молокопровод, а также с раздельным сбором молока от каждого соска (почетвертное доение).

Трехтактный доильный аппарат "Волга" состоит из доильного ведра, пульсатора, коллектора, доильных стаканов и соединительных шлангов (рис. 3.5). Рабочий процесс состоит из трех тактов: 1 – сосание; 2 – сжатие; 3 – отдых.

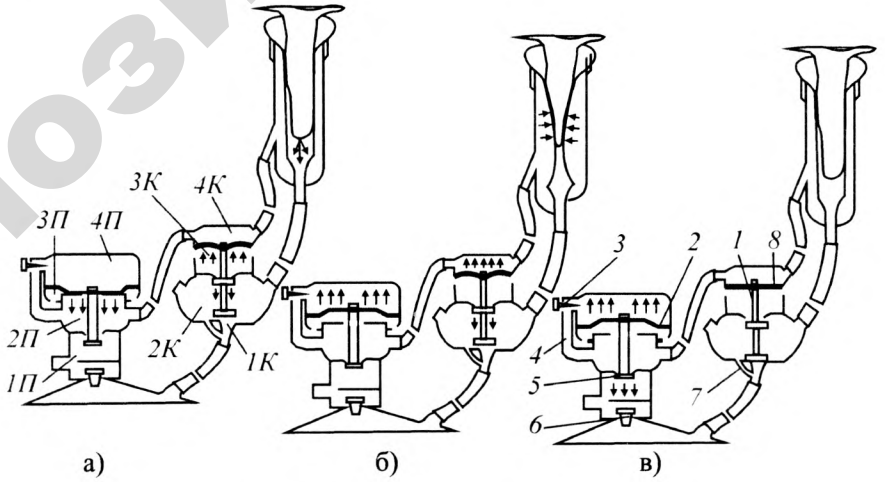


Рисунок 3.5 - Схема работы доильного аппарата "Волга":
а – сосание; б – сжатие; в – отдых

Показатели работы доильного аппарата "Волга" представлены в табл. 3.6.

Репозиторий БГАТУ

Таблица 3.6 - Технические данные доильных аппаратов

Показатели	"Волга"	АДН-1	АДУ-1, 2-тактный	АДС-1
Число тактов	3	43	2	2
Вакуум, кПа	50	35	47,9	50-52
Частота пульсаций, мин$^{-1}$	60…80	65	60…90	48…60
Частота стимулирующих импульсов за одну пульсацию, Гц	–	–	–	10…12
Соотношение тактов, %				
сосания	60	60	70	72
сжатия	10	20	30	28
отдыха	30	20	–	–
Расход воздуха доильным аппаратом на холостом ходу, нм^3/ч	3,5	2,2	2,7	2,3

Двухтактный доильный аппарат АДУ-1 предназначен для машинного доения коров на всех типах отечественных доильных установок. Состоит из четырех доильных стаканов, пульсатора, коллектора и шлангов.

АДУ-1 (рис. 3.6) имеет пульсатор с нерегулируемой частотой пульсаций за счет применения дросселирующего канала с увеличенным сечением. Это упрощает эксплуатацию аппарата, исключает необходимость регулировки частоты пульсов во время работы.

Применен унифицированный доильный стакан, в состав которого входят: цельнометаллическая гильза из нержавеющей стали, сосковая резина, выполненная заодно с молочной трубкой, патрубок переменного вакуума. Конструкция сосковой резины обеспечивает три степени натяжения в доильном стакане по мере вытяжения при эксплуатации.

Коллектор аппарата АДУ-1 (рис. 3.7) изготовлен из пластмассы и имеет прозрачную молочную камеру для контроля молоко выделения. Введен клапан отключения вакуума, исключающий применение зажима молочного шланга. Больший угол наклона от горизонтальной оси выходного штуцера коллектора по сравнению с коллектором аппарата "Волга" (соответственно 75° и 15°) улучшает отток молока и способствует более равномерному распределению массы подвесной части доильного аппарата на сосках вымени коровы.

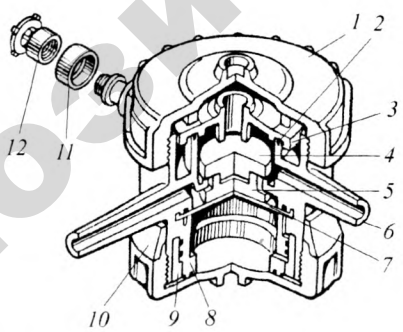


Рисунок 3.6 - Пульсатор доильного аппарата АДУ – 1
1 – гайка; 2 – прокладка; 3 – крышка; 4 – клапан; 5 – обойма; 6 – мембрана; 7 – корпус; 8 – корпус камеры управления; 9, 10 – уплотнительные кольца; 11 – кожух фильтра воздуха; 12 – гайка фильтра

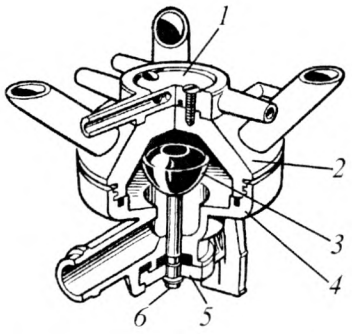


Рисунок 3.7 - Коллектор доильного аппарата АДУ – 1
1 – распределитель; 2 – корпус; 3 – резиновый клапан; 4 – крышка; 5 – резиновая шайба; 6 – шплинт

Увеличена вместимость молочной камеры с 58 см^3 до 76 см^3, молочная камера изготовлена из пластмассы, введена новая конструкция шайбы клапана коллектора, в результате чего

Репозиторий БГАТУ

шайба фиксируется в пазах основания коллектора и не требует многократных перегибов для ее перевода в положение "доение" и "промывка". Новый прозрачный молочный шланг из пластифицированного поливинилхлорида (ПВХ).

Во избежание отключения работы вследствие загрязненности воздуха и осаждения пыли на дросселе, пульсатор оснащен фильтром с бумажными или ватными вкладышами.

Схема работы двухтактного доильного аппарата АДУ-1 дана на рис. 3.8. При такте сосания вакуумметрическое давление из вакуумпровода *7* по камере *1П* пульсатора поступает в камеру *2П* и далее через распределитель *2К* коллектора в межстенные камеры *1С* доильных стаканов. Одновременно из молокопровода по молочному шлангу *1* через камеру коллектора *1К* в подсосковые камеры *2С* доильных стаканов подается постоянный вакуум, и молоко отсасывается из сосков вымени.

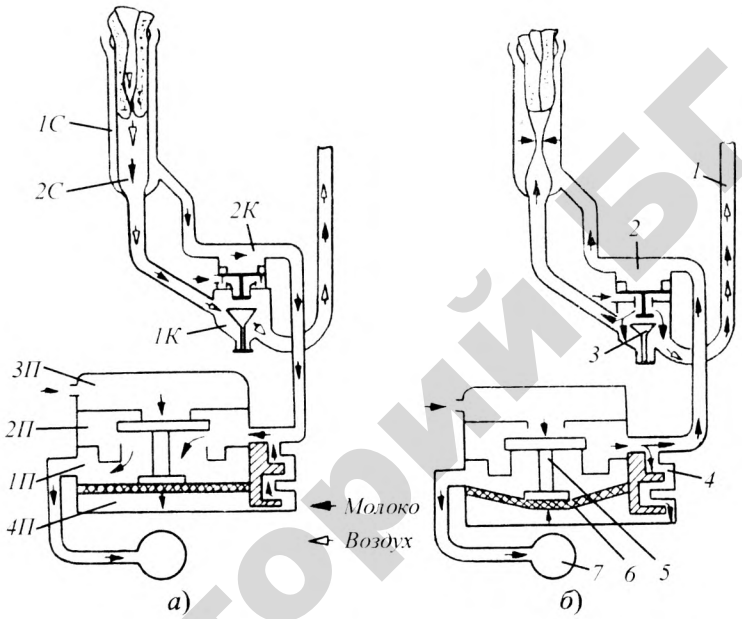


Рисунок 3.8 - Схема работы доильного аппарата АДУ-1

Постепенно из камеры *4П* пульсатора через калиброванный канал *4* отсасывается воздух и эта камера вакуумируется. Под действием давления атмосферного воздуха в камере *3П* диафрагма *6* вместе с клапаном *5* опустится вниз, доступ вакуума из камеры *1П* пульсатора в камеру *2П* прекращается, а из камеры *3П* атмосферный воздух поступает в камеру *2П* пульсатора и далее через камеру *2К* коллектора в межстенные камеры *1С* доильных стаканов. Сосковая резина сжимается, охватывая нижнюю часть соска. Произойдет такт сжатия. Истечение молока прекращается и на время такта сжатия восстанавливается нормальное кровообращение в сосках вымени животного.

Наряду с этим воздух постепенно будет поступать из камеры *2П* через канал *4* в камеру *4П* пульсатора, и через мембрану *6* преодолевает силу, действующую на клапан *5* сверху (со стороны атмосферы), так как рабочая площадь клапана *5* значительно меньше площади мембраны *6*. Клапан *5* вновь поднимется вверх, отсоединит камеру *2П* пульсатора от камеры *3П*, вакуумметрическое давление из камеры *1П* через камеру *2П* пульсатора, камеру *2К* коллектора поступает в межстенные камеры *1С* доильных стаканов. Наступит такт сосания и рабочий цикл доильного аппарата будет повторятся.

Доильный аппарат АДН-1 (значение вакуума в системе 43 кПа) имеет пульсатор типа АДУ-1 и коллектор с мембранно-клапанным механизмом. Схема работы аппарата показана на рис. *3.9*.

Доильный аппарат АДС-1 имеет сдвоенный пульсатор АДУ-02.200 (рис. 3.10), обеспечивающий в ходе такта сосания для стимулирования молокоотдачи вибрации сосковой резины

Репозиторий БГАТУ

доильных аппаратов с амплитудой колебаний ±2 мм при частоте вибраций 4...8 Гц. Стимулирующий блок пульсатора маркирован буквой С, а пульсирующий блок, обеспечивающий рабочий ритм пульсации – буквой П.

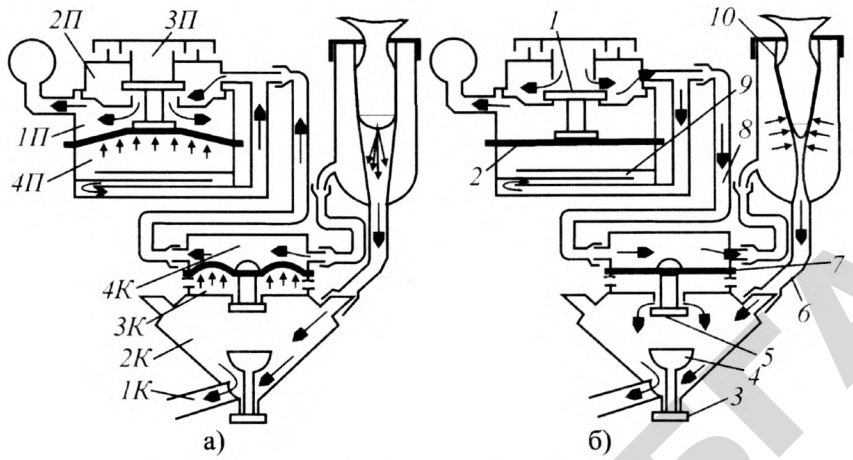


Рисунок 3.9 - Схема доильного аппарата АДН-1:
а – сосание; б – сжатие

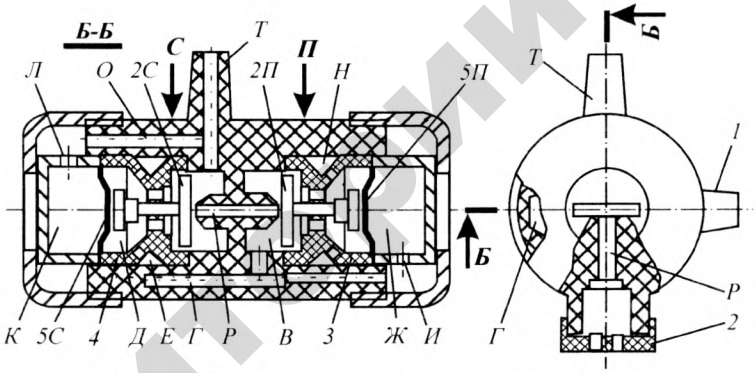


Рисунок 3.10 - Схема пульсатора АДУ-02.200

Патрубок *1* пульсатора при помощи шланга соединяют с вакуум-магистралью. Через патрубок *Т* пульсатор связан с распределителем коллектора подвесной части доильного аппарата. При включении в работу вакуум от магистрали переходит на камеру *Н* блока *П*. При этом давление воздуха камеры *Ж* на мембрану *5П* перемещает подпятник и его клапан *2П*, который отделяет камеру *В* от канала *Р*, расположенного в перегородке между блоками. Вакуум из камеры *Н* через окна во вставке-диффузоре *3* переходит в камеру *В* через канал *Г* перетекает на камеру *Д* блока *С*. Давление воздуха на мембрану *5С* со стороны камеры *К* при этом перемещает мембранно-клапанный механизм блока *С* и клапан *2С* перекрывает камеру постоянного атмосферного давления *Р*, отделяя ее от камеры *Е*, в которой образовался вакуум. Камера *Е* связана с камерой *Д* окнами во вставке *4*; через них открывается путь вакууму к распределительной камере коллектора через патрубок *Т* и шланг переменного вакуума. В межстенных пространствах стаканов образуется рабочий вакуум и происходит такт сосания.

В ходе такта сосания вакуум через канал *О* в корпусе блока *С*, его кольцевую выточку крышки *4С* короткий дроссельный канал *Л* переходит на камеру *К*. Со снижением давления в камере *К* давление воздуха на клапан *2С* от канала *Р*, соединенного с воздушным фильтром *2*, переместит клапан *2С* и воздух поступит в патрубок *Т* и межстенные камеры стаканов, создавая промежуточный такт сосания. При этом воздух из патрубка *Т* перетекает в камеру *К* по каналу *О* и дроссельному каналу *Л*, создавая давление на мембрану и мембранно-клапанный механизм

Репозиторий БГАТУ

блока *С,* закрывает клапаном *2С* сообщение между камерой *Е* и каналом *Р*. Происходит повторно вакуумирование патрубка *Т* и межстенных камер с переходом вакуума в камеру *К*.

Блок *С* обеспечивает несколько таких переключений с колебаниями вакуума в межстенных камерах стаканов в период перехода вакуума из канала *Г* на камеру *Ж* по выточке в крышке блока *П* через отверстие в мембране *5П* и по дросселю *И*, так как сопротивление перетеканию воздуха по длинному дросселю *И* значительно больше, чем по короткому дросселю *Л*. Вследствие вакуумирования камеры *Ж* воздух из канала *Р* переместит клапан *2П* и поступит в камеру *В*, канал *Г*, камеру *Д*. Воздух из канала *Р* и камеры *Д*, имея свободный путь в патрубок *Т*, проходит в межстенные камеры стаканов. Происходит такт сжатия. Одновременно в камере*К* исчезает остаточный вакуум и блок *С* находится под атмосферным давлением. В блоке *П* в ходе такта полного сжатия воздух, переходя из канала *Г* по дросселю *И* в камеру *Ж*, повышает в ней давление и вследствие постоянства вакуума в камере *Н* перемещает мембрану *5С* с клапаном *2П*; перекрывает канал *Р*. Открывает путь вакууму по линии *Н-В-Г-Д-Е-Т* и далее в межстенные камеры стаканов формируя такт формируется такт сосания. Вакуум проникает по каналу *О* и дросселю *Л* в камеру *К* с повторением вибрационного цикла. Повторяемость полных (глубоких) пульсаций 1,1±0,1 Гц. Частота вибраций за период одного полного пульса может быть переменной в зависимости от интенсивности молокоотдачи, влияющей на объем межстенного пространства доильных стаканов в ходе такта сосания. Разница между рабочим вакуумом, равным 48±1 кПа и колебанием вакуумметрического давления, стимулирующего процесс, составляет 4...6 кПа.

При сборке пульсатора следят, чтобы вставка диффузора блока *П* была с гнездом большого клапана диаметром 22 мм и с подпятником меньшего диаметра 26 мм. Камера*Ж* должна иметь длинный дроссель *И*. Со стороны патрубка *Т* (на блоке *С*) ставится диффузор с гнездом клапана диаметром 20 мм и с большим подпятником 31 мм. Камера*К* имеет малый дроссель. Основные детали маркируются буквами *П* и*С*, остальные взаимозаменяемы.

Любой доильный аппарат (двух- или трехтактный) будут стимулирующими, если обычный пульсатор заменить на вибропульсатор.

Пульсоколлектор марки АВЮ 2.940.141, производимый ОАО "Маяк" г. Киров, предназначен для комплектации как доильных установок для доения в молокопровод, так и агрегатов для доения в ведро, имеющих вакуумметрическое давление 48±1 кПа.

Главной особенностью пульсоколлектора является то, что он обеспечивает принципиально новый режим работы доильного аппарата, приближая его к естественному. В связи с этим, во-первых, обеспечивается полное выдаивание молока даже у тугодойких коров, и жирность молока выше на 0,1 %, во-вторых, уменьшается заболеваемость коров маститом в 2…4 раза.

Устройство и расположение деталей пульсоколлектора показано на рис. 3.11.Пульсоколлектор объединяет в себе три основные части: А – коллектора сбора молока (с деталями клапана отключения доильного аппарата); Б – распределителя 8 с камерой переменного давления для распределения вакуума или атмосферного давления и фильтра 5 с камерой атмосферного давления; В – пульсатора 3 с воздушной камерой, с деталями регулировки частоты пульсации.

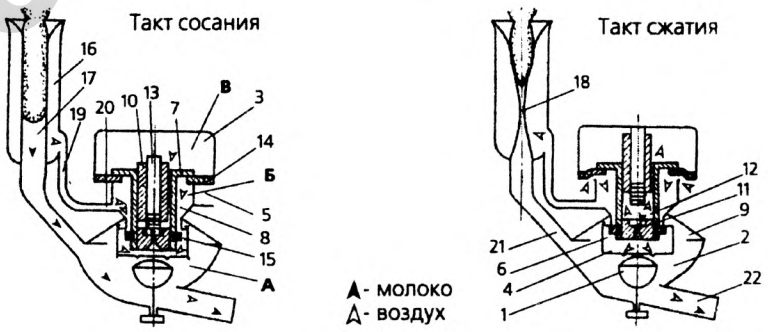


Рисунок 3.11 - Схема работы пульсоколлектора АВЮ 2.940.141

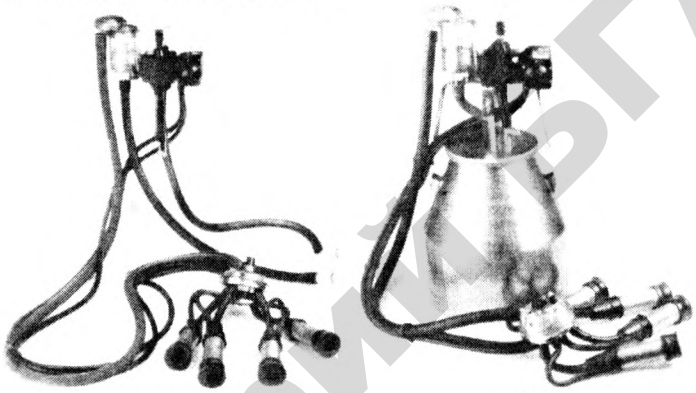
Рабочие параметры и режим работы пульсоколлектора обеспечиваются конструктивными

Репозиторий ВГАУ

размерами его деталей. Регулировке подлежит только частота пульсации, которая обеспечивается щелевым дросселем, выполненным лыской на подвижной втулке 10. Частота пульсации пульсоколлектора зависит от длины дроссельной щели, которая определяется положением штока 13 во втулке 10. Регулировка производится установкой втулки 10 в одном из пазов штока 13.

Технические характеристики пульсоколлектора АВЮ 2.940.141 следующие: вакуумметрическое давление – 48±1 кПа; частота пульсаций – 54…70 пул/мин; относительная длительность тактов: – сжатия – 30…45 %, – сосания – 70…55 %; в режиме молоковыведения (2 кг/мин) частота пульсаций уменьшается не более чем на 30 %, а относительная длительность тактов: – сосания уменьшается не более чем на 20 %; – сжатия увеличивается не более чем на 35 %; расход воздуха при холостом режиме работы не более 1 дм^3/с; масса подвесной части не более 0,85 кг; габаритные размеры не более 150×95×155 мм.

Доильный аппарат "Нурлат", производимый ОАО "Маяк", г. Киров, предназначен для комплектации систем машинного доения в молокопровод (рис. 3.12, а) и в ведро (рис. 3.12, б), имеющих вакуумметрическое давление 50±1 кПа.



а) б)

Рисунок 5.12 - Общий вид доильного аппарата "Нурлат":
а – для доения в молокопровод (исполнение ПАД 00.000); б – для доения в доильное ведро (исполнение ПАД 00.000-1)

Аппарат контролирует характер молокоотдачи, и в соответствии с этим автоматически регулирует уровень вакуумметрического давления: низкого (33 кПа) или высокого (50 кПа). Это позволяет максимально приблизить процесс машинной дойки к естественному, уменьшить заболеваемость коров маститом и увеличить молокоотдачу на 20…25 %.

Доильный аппарат "Нурлат" состоит из блока управления, приемника и пульсатора, объединенных в один узел (рис. 3.13), и подвесной части – коллектора, четырех доильных стаканов, соединенных вакуумными и молочными шлангами. Пульсатор соединяется с коллектором двумя шлангами переменного вакуума. Детали приемника и крышка коллектора изготовлены из прозрачных материалов, что позволяет оператору визуально наблюдать за процессом доения.

Блок регулирования предназначен для регулирования вакуумметрического давления, создаваемого доильной установкой в зависимости от уровня молокоотдачи. Состоит из корпуса *2*, крышки *9*, вставки *1*, ручки *17*, скобы *18*, сильфона *11*, заглушки *3*, корпуса магнитного клапана *20* и защелки *19*.

В крышке *9* смонтирован клапан, состоящий из штока, пружины, двух упоров и сильфона *11*. Положение сильфона *11* указывает во время работы аппарата уровень вакуума: во время фазы стимуляции и додаивания (уровень низкого вакуума) сильфон должен быть сжат и должно быть легкое пощелкивание в пульсаторе; фазу основного доения (уровень высокого вакуума) – сильфон в свободном состоянии.

Блок управления имеет два режима: низкого или высокого вакуума. При обоих режимах в полости *Е* блока управления создается вакуум 50 кПа.

Репозиторий ВГАТУ

Режим низкого вакуума (рис. 3.14, *а*) соответствует фазам стимуляции и додаивания. Магнит *1* находится в крайнем верхнем положении и закрывает отверстие Б, соединяющее атмосферу с внутренними полостями блока управления. Магнит *1* удерживается в верхнем положении за счет силы притяжения магнита *1* и магнита, расположенного в поплавке приемника. Через открытое отверстие *А* происходит выравнивание вакуума в полостях *Е* и *В*. Созданное в полости *В* разряжение сжимает сильфон *3* и отжимает в верхнее положение мембрану *2*, связанную с управляющим клапаном *4*. Управляющий клапан *4* при этом закрывает отверстие *Д*. За счет дросселирования клапаном *5* отверстия *Ж*, соединяющего полости *Е* и *Г*, в полости *Г* устанавливается постоянный вакуум 33 кПа. Такой же уровень вакуума устанавливается в пульсаторе, коллекторе и надмембранной полости приемника аппарата.

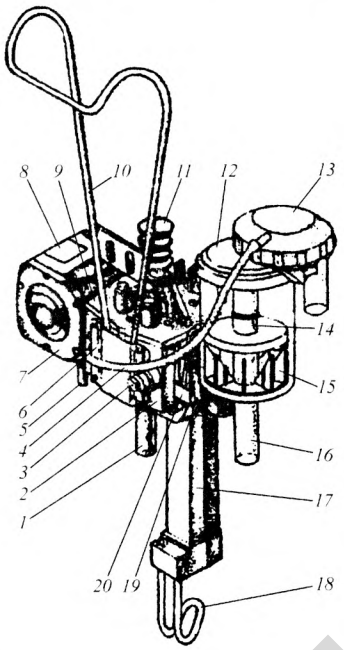


Рисунок 3.13 - Общий вид блока управления, приемника и пульсатора:
1 – вставка; 2 – корпус; 3 – заглушка;4 – дренажная трубка; 5 – штуцер;6 – штуцер дренажной трубки; 7 – корпус; 8 – кожух; 9 – крышка;10 – скоба; 11 – сильфон; 12, 13 – крышка; 14 – шток; 15 – поплавок;16 – стакан; 17 – ручка; 18 – скоба;19 – защелка; 20 – корпус магнитного клапана

Режим высокого вакуума (рис. 3.14, *б*) соответствует фазе основного доения. За счет увеличения молокоотдачи и всплытия поплавка в приемнике, силы притяжения, возникающей между магнитом поплавка и магнитом *1*, не хватает, чтобы уравновесить силу тяжести магнита *1* и удержать его в верхнем положении. Магнит *1* падает под собственным весом, открывая отверстие *Б*, через которое воздух устремляется в полость *В*. За счет разницы атмосферного давления, созданного в полости *В*, и давления в полости *Е* магнит удерживается в крайнем нижнем положении, запирая отверстие *А*. Из-за отсутствия разряжения в полости *В* мембрана *2* принимает исходное положение. Связанный с мембраной *2* управляющий клапан *4* примет крайнее нижнее положение и полностью открывает отверстие *Д*. При этом давление в полости *Г* выравнивается с давлением в полости *Е* и принимает вакуумметрическое давление 50 кПа. Так как в полости *В* устанавливается атмосферное давление, сильфон *3* за счет собственной упругости примет первоначальную форму.

Приемник предназначен для контроля уровня молокоотдачи, переключения блока управления на различные режимы доения, регулирования уровня вакуума в подсосковых камерах доильных стаканов и автоматического запирания вакуумной линии в случае спадания доильных стаканов с вымени коровы.

Приемник работает в двух режимах: высокого и низкого вакуума. При обоих режимах в полсти Д создается вакуум 50 кПа.

Приемник состоит из стакана *16* (рис. 3.15), поплавка *15*, штока *14*, крышек *12* и *13* и диафрагмы, расположенной между этими крышками.

Приемник работает в двух режимах: высокого и низкого вакуума. При обоих режимах в полости *Д* создается вакуум 50 кПа.

Репозиторий БГАТУ

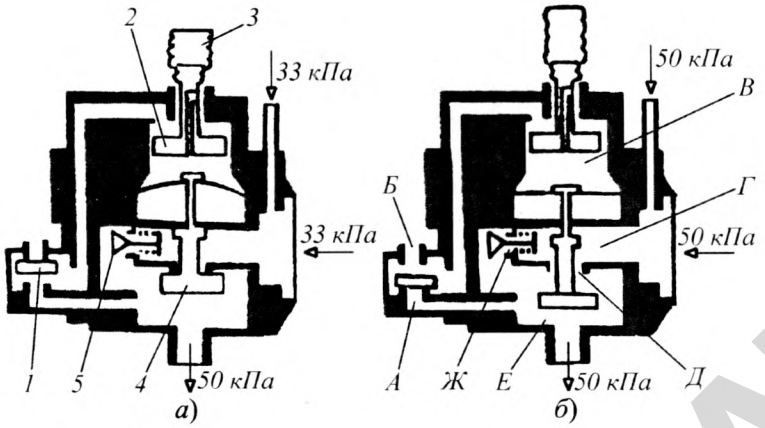


Рисунок 3.14 - Схема работы блока управления:
а – режим низкого вакуума; *б* – режим высокого вакуума;
1 – магнит; *2* – мембрана; *3* – сильфон; *4* – управляющий клапан;
5 – дроссельный клапан; *А*, *Б*, *Д*, *Ж* – отверстия; *В*, *Г*, *Е* – полости

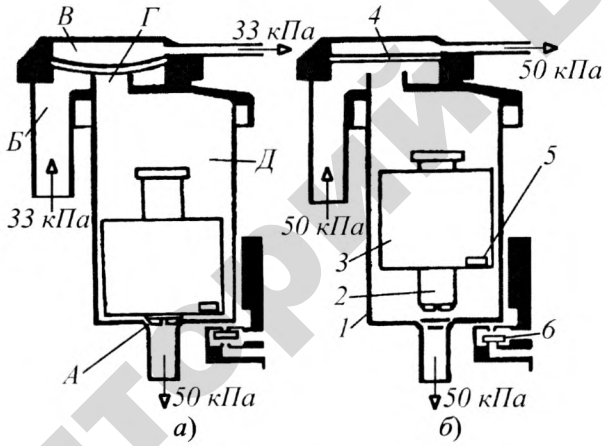


Рисунок3.15 - Схема работы приемника:
а – низкий вакуум; *б* – высокий вакуум;
1 – стакан; *2* – шток; *3* – поплавок; *4* – мембрана; *5* – магнит;
6 – магнит блока управления; *А* – седло отверстия; *Б*, *Г* – отверстие;
В – надмембранная полость; *Д* – подмембранная полость

Режим низкого вакуума (рис. 3.15, *а*) соответствует низкой молокоотдаче (до 200 г/мин). При этом шток *2* и поплавок *3* находятся на дне стакана *1*. Все молоко успевает пройти через дренажное отверстие, расположенное в нижней части штока *2*. В этом режиме магнит *5* поплавка *3* удерживает магнит *6* блока управления в верхнем положении, блок управления находится в режиме низкого вакуума, а в надмембранной полости *В* устанавливается вакуум 33 кПа. За счет разницы давлений в надмембранной полости *В* и подмембранной полости *Д*, в которой поддерживается постоянный вакуум 50 кПа, мембрана *4* отжимается в нижнее положение и дросселирует отверстие *Г*. Дросселирование сечения проходного отверстия *Г* создает перепад давлений в живом сечении, что приводит к уменьшению вакуума в полости *Б* до 33 кПа. Такой же вакуум устанавливается в подсосковых камерах доильных стаканов.

Режим высокого вакуума (рис. 3.15, *б*) соответствует фазе основного доения. При высокой молокоотдаче (более 2θ0 г/мин) молоко не успевает проходить через дренажное отверстие в нижней части штока *2*. Набирающееся в стакане *1* молоко поднимает поплавок *3*, который в свою очередь поднимает шток *2*. Открытое отверстие *А* дает возможность свободному выходу

Репозиторий БГАТУ

молока в молокопровод. При этом магнит *5* поплавка *3* перестает удерживать магнит *6* блока управления в верхнем положении. Блок управления переходит в режим высокого вакуума, поэтому и надмембранной полости *В* устанавливается вакуум 50 кПа. Перепад давления в полостях *В* и *Д* отсутствует, мембрана *4* принимает исходное положение и полностью открывает проходное сечение отверстия *Г*. В полости *Б*, а значит и в подсосковых камерах доильных стаканов, устанавливается вакуум 50 кПа.

При случайном спадании доильных аппаратов с вымени коровы в полости *Б* мгновенно устанавливается атмосферное давление. За счет перепада давлений в полостях *В* и *Д* мембрана *4* перекрывает отверстие *Г*.

Пульсатор состоит из корпуса *22* (рис. 3.16), основания *3*, штока *7*, коромысла *2*, ползуна *4*, пружины *1*, мембраны *21*, иглы *18*, правой крышки *15*, левой крышки *5*, заглушки *19*, колпачка *20*, штуцеров *11* и *13*. С помощью байонетного разъема на корпусе *22* пульсатор устанавливается на блок управления.

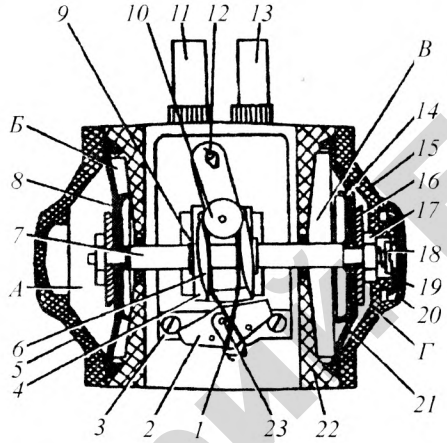


Рисунок3.16 - Общий вид пульсатора доильного аппарата "Нурлат":
1 – пружина; *2* – коромысло; *3* – основание; *4* – ползун; *5* – левая крышка;
6 – водило; *7* – шток; *8* – мембрана; *9* – шайба; *10* – ось; *11* – левый штуцер;
12 – ось; *13* – правый штуцер; *14*, *16* – шайба; *15* – правая крышка; *17* – гайка;
18 – игла; *19* – заглушка; *20* – колпачек; *21* – мембрана; *22* – корпус; *23* – ось;
А – левая надмембранная полость;*Б* – левая подмембранная полость;
В – праваяподмемебранная полость; *Г* – правая надмембранная полость

В первоначальном положении шток *7*, водило *6* и ползун *4* находятся в крайнем правом положении, а коромысло *2* в крайнем правом положении. При таком положении ползун *4* соединяет центральный паз основания *3* с правым пазом. Коромысло *2* соединяет центральное отверстие основания *3*, связанное с центральным пазом, с правым отверстием, соединенным с правой подмембранной полостью *В*. Воздух отсасывается через центральное отверстие в основании *3*, что приводит к созданию вакуума в правом штуцере *13* и в полость *В*. В этом положении левое отверстие и левый паз в основании *3* находятся в открытом положении. Левый штуцер *11* и левая подмембранная полость *Б* находятся под атмосферным давлением.

Созданный в правой подмембранной полости *В* вакуум отжимает в левое положение мембрану *21*, которая перемещает в левое положение шток *7*, водило *6* ползун *4*. При этом в правой надмембранной полости *Г* создается вакуум, величина которого ниже, чем в правой подмембранной полости *В* (за счет поступления воздуха через канал штока *7* из надмембранной полости *А*). При перемещении штока *7* из правого в левое положение коромысло *2* остается в правом положении до тех пор, пока водило *6* не займет крайнее левое положение. В момент достижения штоком *7* крайнего левого положения водило *6* выходит из зацепления коромысла *2*, которое под воздействием пружины *1* щелчком принимает крайнее правое положение, т.е. происходит переключение каналов и отверстий в пульсаторе. В таком положении в левом штуцере *11* и в левой подмембранной полости *Б* создается вакуум, а правый штуцер *13* и полость *В* ока-

Репозиторий БГАТУ

зываются под атмосферным давлением, т.е. движение всех частей повторяется, но в обратном направлении.

Скорость переключения пульсатора (частота пульсаций) зависит от скорости перетекания воздуха из одной надмембранной полости в другую. Регулирование частоты пульсаций осуществляется изменением проходного сечения дроссельного отверстия в полом штоке *7* при вращении иглы *18*.

Коллектор доильного аппарата "Нурлат" предназначен для распределения переменного вакуума по пульсационным камерам доильных стаканов и сбора молока из подсосковых пространств доильных стаканов в общую молочно-вакуумную магистраль.

Детали коллектора образуют две взаимно несвязанные полости. Два штуцера распределителя коллектора предназначены для подключения к пульсатору. Два правых и два левых штуцера распределителя предназначены для подключения коллектора к пульсационным камерам доильных стаканов. Благодаря этому осуществляется попарное доение соответствующих долей вымени животного.

В зависимости от квалификации оператор может работать на трех – пяти аппаратах "Нурлат".

Технические характеристики доильного аппарата "Нурлат" приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7 - Основные технические характеристики доильного аппарата "Нурлат"

Наименование параметра	Значение параметра
Питающее вакуумметрическое давление, кПа	50^{+1}
Количество ступеней регулирования вакуума, создаваемых доильным аппаратом	2
Режим доения	трехфазный
Вакуумметрическое давление, создаваемое аппаратом, кПа:	
фаза стимуляции	33±3
фаза основного доения	50^{+1}
фаза додаивания	33±3
Частота пульсаций, $мин^{-1}$:	
фаза стимуляции	45
фаза основного доения	60
заключительная фаза	45
Относительная продолжительность тактов, %:	
сжатия	40…43
сосания	60…57
Масса аппарата без упаковки, кг	1,6

В настоящее время автоматы снятия доильных стаканов после окончания выдаивания являются обязательным элементом поставки доильных установок для залов.

Манипулятор для доения МД-Ф-1 предназначен для механического доения коров, додаивания и последующего отключения доильных стаканов от вакуумметрического давления, снятия и выведения их из-под вымени коров на серийно выпускаемых промышленностью доильных установках для доения в доильных залах.

Манипулятор для доения (рис. 3.17) состоит из исполнительного механизма манипулятора, автомата управления 9, доильной аппаратуры, крана 8, крепежных деталей, соединительных элементов и трубок.

Исполнительный механизм манипулятора предназначен для поддержания подвесной части доильной аппаратуры при надевании доильных стаканов 1, соединенных с коллектором 11 на вымя коровы, а также автоматического выполнения по командам автомата управления 9 механического додаивания, снятия доильных стаканов 1 с сосков и вывода их из-под коровы. Он включает в себя пневмоцилиндр 3 додаивания, пневмоцилиндр 6 вывода доильной аппаратуры из-под вымени коровы, рычаги 2, 4, 5 и кронштейн 7.

Репозиторий БГАТУ

Доильная аппаратура предназначена для механического доения коровы и поддержания доильных стаканов во время доения. Она включает в себя четыре доильных стакана 1, коллектор 11, пульсатор 10, соединенных молочными и вакуумными шлангами.

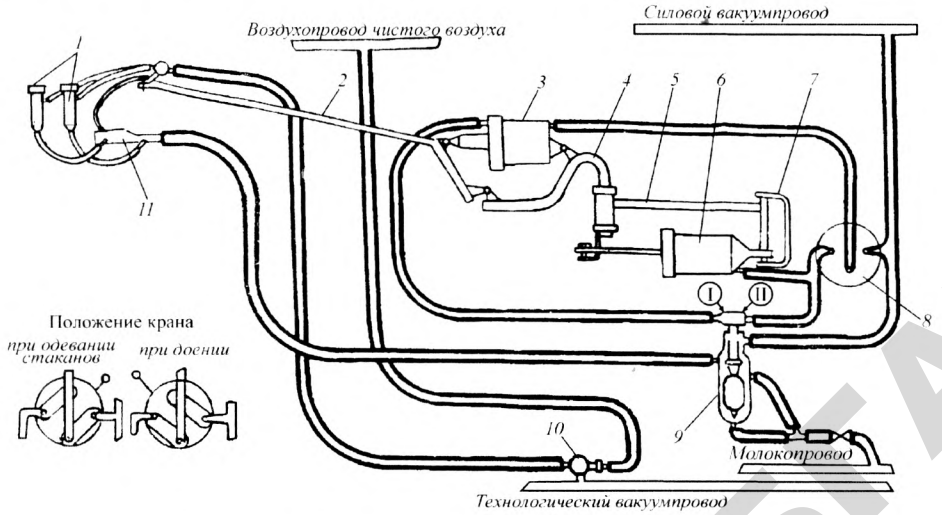


Рисунок 3.17 - Схема манипулятора для доения МД-Ф-1

Кран 8 предназначен для принудительного включения подъема и поддержания дольных стаканов при одевании их на вымя.

Автомат управления предназначен для автоматического контроля интенсивности молокоотдачи и подачи сигналов на пневмоцилиндры исполнительного механизма манипулятора. Основным функциональным узлом автомата управления является пневмодатчик.

При исследовательской и селекционной работе для определения продуктивности и продолжительности доения отдельных долей вымени коров, а также оценить их пригодности к машинному доения используют доильный аппарат ЗТ-Ф-1 (рис. 3.18). На коллекторе и измерителе объема нанесены цифровые обозначения, соответствующие долям вымени животного: 1 – левой передней; 2 – правой передней; 3 – левой задней; 4 – правой задней. Для записей показаний аппарата подключают отметчик времени с напряжением питания 12 В. Распределитель в верхней части коллектора шлангами соединен с межстенными камерами доильных стаканов.

Измеритель состоит из корпуса, в котором прижимами закреплено основание. На основании размещены четыре двухкамерных измерительных ковша. Сверху корпус закрыт крышками с приемными камерами и патрубками для подключения к коллектору доильного аппарата. Наполнение ковшей регулируется винтами.

Для приема и выдачи информации о продуктивности и продолжительности доения отдельных четвертей вымени, обработки сигналов от измерителя о необходимости додаивания или снятия подвесной части с вымени применяется пульт. Погрешность отсчета времени молокоотдачи пультом составляет ±5 %, а по каждой четверти – 5 с, предел измерения разового удоя – 50…9950 г. Питание пульта автономное от двух батареек напряжением 4,5 В каждая.

Основные технические характеристики доильного аппарата ЗТ-Ф-1 следующие: производительность – 8 коров/ч; погрешность измерения удоя из каждой четверти вымени – ±5 %; погрешность отсчета времени – ±1,5 %; вместимость одной камеры ковша – 50 г; цена деления счетного указателя – 50 г; пропускная способность ковша – 0,2…2,0 кг/мин; напряжение питания – 9 В; масса – 12 кг.

Лечебный передвижной доильный аппарат ЛПДА-1УВЧ состоит из серийного доильного аппарата любого типа и медицинского аппарата УВЧ-66. Для создания электромагнитного поля УВЧ в межстенных пространствах пластмассовых доильных стаканов установлены кольцевые пластинчатые электроды, которые фидерами соединены с аппаратом УВЧ-66. Доильный аппарат с УВЧ перевозят на модифицированной тележке ПДА-1.

Репозиторий БГАТУ

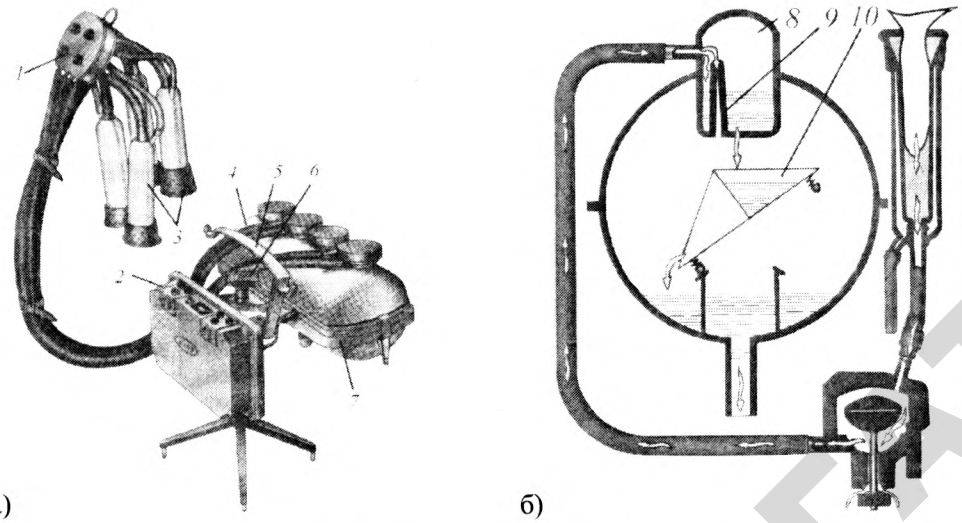


Рисунок 3.18 - Доильный аппарат ЗТ-Ф-1:
а – общий вид; б – схема работы; 1 – коллектор; 2 – пульт; 3 – доильные стаканы; 4 – измеритель; 5 – ручка; 6 – гайка фиксации измерителя по уровню; 7 – рама измерителя; 8 – приемная камера; 9 – трубка выравнивающая; 10 – ковш

Применение аппарата УВЧ дает возможность обрабатывать соски и вымя коровы непосредственно в процессе машинного доения. Благодаря этому у коров повышается средняя скорость молокоотдачи, увеличивается полнота выдаивания, сокращаются заболевания маститом. Особенно эффективно применение аппарата с профилактической целью в родильном отделении. За один час доярка обслуживает 6 коров.

Доильный аппарат "Альфа-Матик-Дуовак" (Швеция), работающий по двум режимам (рис. 3.19), имеет две линии вакуума (h_1 = 35 кПа и h_2 = 51 кПа). В фазе А производится стимулирование при пониженном вакууме с частотой 48 пульсаций в минуту. При возрастании интенсивности молокоотдачи до 0,2 кг/мин индикатор потока молока переключает аппарат на работу в фазе Б – доение при разрежении 51 кПа и с частотой 60 пульсаций в минуту при соотношении тактов δ_c = 2,5:1, близком к режиму непрерывного отсасывания молока.

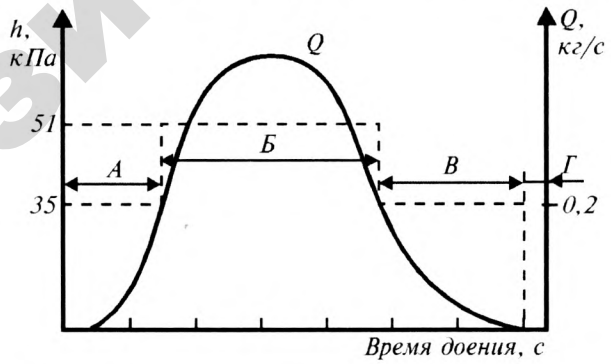


Рисунок 3.19 - График работы двухрежимного аппарата "Альфа-Матик-Дуовак"

При уменьшении молокоотдачи до 0,2 кг/мин наступает фаза В – додаивания с режимами как в фазе А. Затем наступает заключительный массаж (фаза Г).

Разработанный фирмой "Alfa-Laval" *доильный аппарат "Дуовак 300"* позволяет стимулировать вымя коровы с целью ослабления сдерживающих рефлексов коровы (рис. 3.20, а). Эта функция выполняется автоматически. Доильный аппарат работает на низком вакууме (250 мм рт. ст.) и с медленной пульсацией (48 пульсаций в минуту). При этом происходит мягкий массаж сосков.

Репозиторий БГАТУ

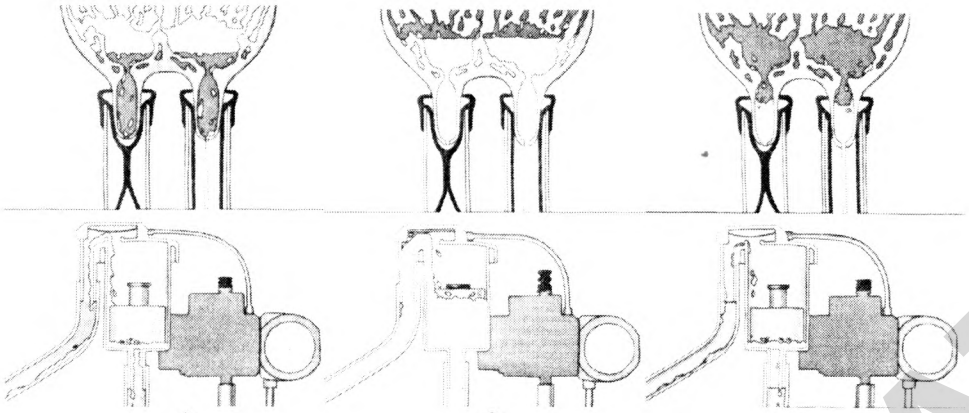


Рисунок 3.20 - Схема работы доильного аппарата Дуовак 300:
а – стимулирование; *б* – доение; *в* – додаивание

Когда струя молока достигает определенной силы (рис. 3.20, б), аппарат автоматически переходит к фазе доения. При этом осуществляется быстроевыдаивание молока при нормальных вакууме (380 мм рт. ст.) и частоте пульсаций (60 пульсаций в минуту). Доение продолжается лишь пока струя молока соответствует заданному уровню.

При уменьшении потока молока ниже заданного уровня (рис. 3.20, в) аппарат автоматически переходит в фазу низкого уровня вакуума и медленной пульсации, приблизительно через 20 с. При низком вакууме и медленной частоте пульсаций в фазе додаивания соски вымени предохраняются от передаивания.

Пульсатор гидравлический (рис. 3.21) 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.

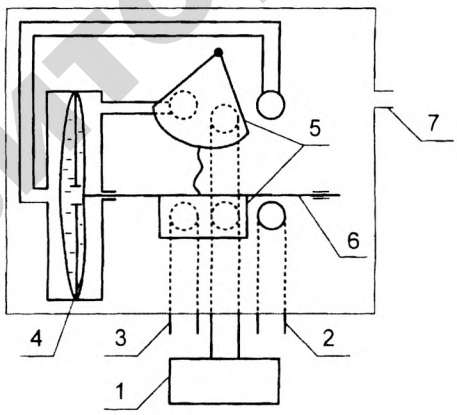
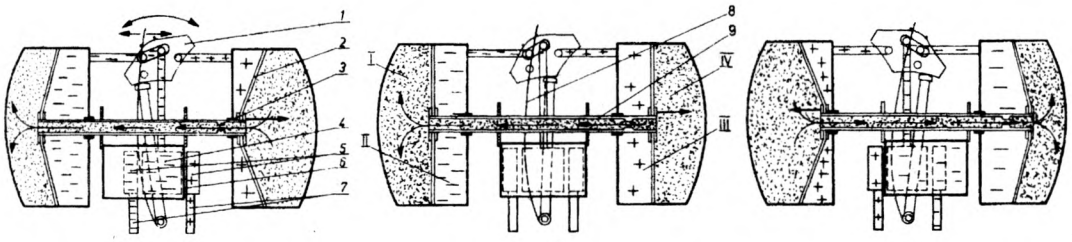


Рисунок 3.21 - Схема гидравлического пульсатора парного доения:
1 – насос вакуумный; 2–3 – патрубки переменного вакуума; 4 – поршень;
5 – колпаки; 6 – стержень; 7 – патрубок атмосферный

К резиновой стенке мембраны одной из гидравлических камер поршня жестко прикреплен шток (рис. 3.22), на котором перемещается 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.

Репозиторий БГАТУ



а б в

Рисунок3.22 - Принцип работы гидравлического пульсатора попарного доения:
1 – переключатель; 2 – мембрана; 3 – крышка; 4 – камера постоянного вакуума; 5 – камера переменного вакуума; 6 – ползунок; 7 – патрубок; 8 – пружина; 9 – трубка;
I–IV – камеры гидравлические; II–III – камеры воздушные

Схема работы пульсатора Альфа-Лаваль приведена на рис.3.23.

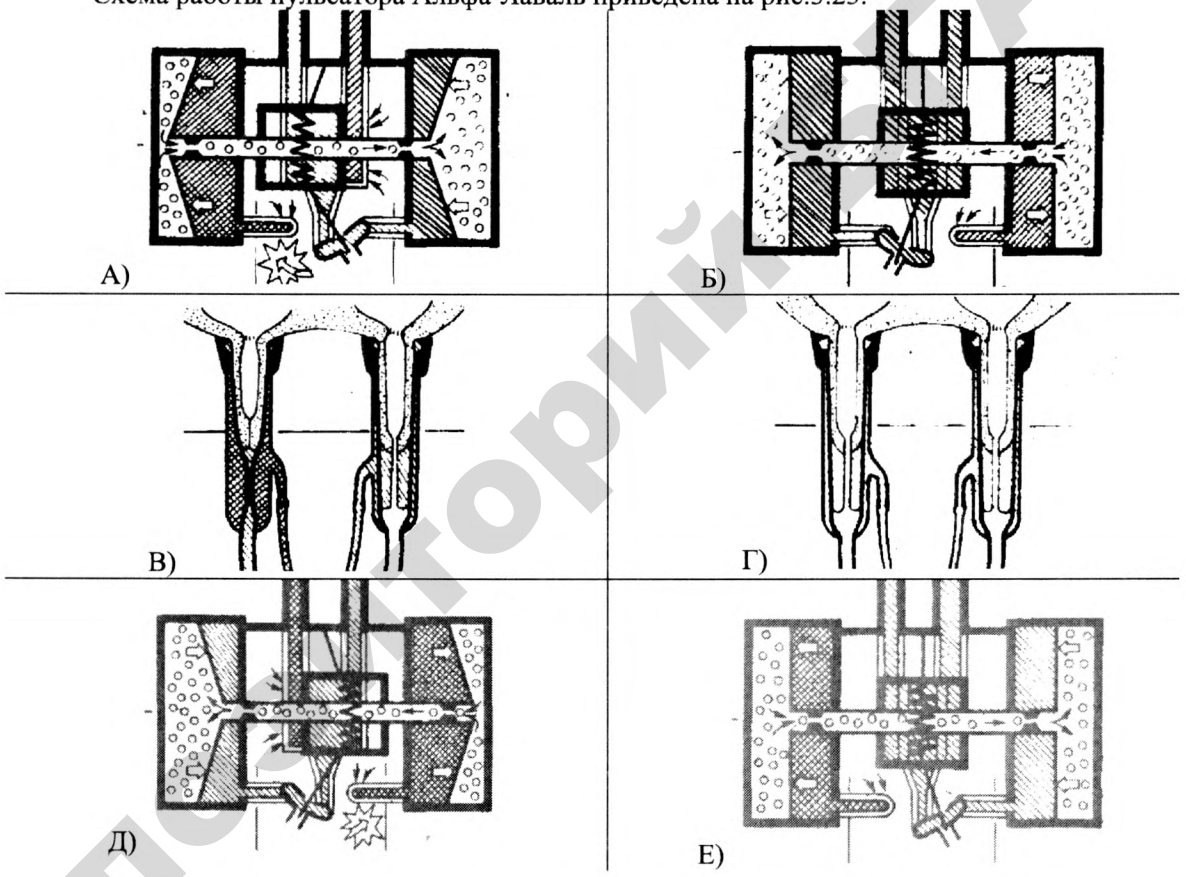


Рисунок 3.23 - Схема работы гидравлического пульсатора Альфа-Лаваль:
а – такт сжатия в правом стакане; б – вакуум в межстенном пространстве обоих стаканов;
в – такт сжатия в левом стакане; г – вакуум в межстенном пространстве обоих стаканов

Распределение фаз в патрубках доильного аппарата попарного доения приведено на рис. 3.24. Если вакуум (рис. 3.24, а) создан в правом патрубке 1 пульсатора, то производится дойка правой половины вымени. Одновременно подается воздух в левый патрубок 2 и осуществляется массаж левой половины вымени. Затем в оба патрубка (рис. 3.24, б) поставляется вакуум, и тем самым одновременно выдаиваются две половины вымени. Далее воздух подается в правый патрубок 1, производя массаж правой половины вымени, а вакуум (рис. 3.24, в) в левом патрубке 2 способствует дойке левой половины вымени. Затем в оба патрубка подается вакуум, и тем самым (рис. 3.24, г) обе половины вымени выдаиваются одновременно.

Репозиторий ГГАТУ

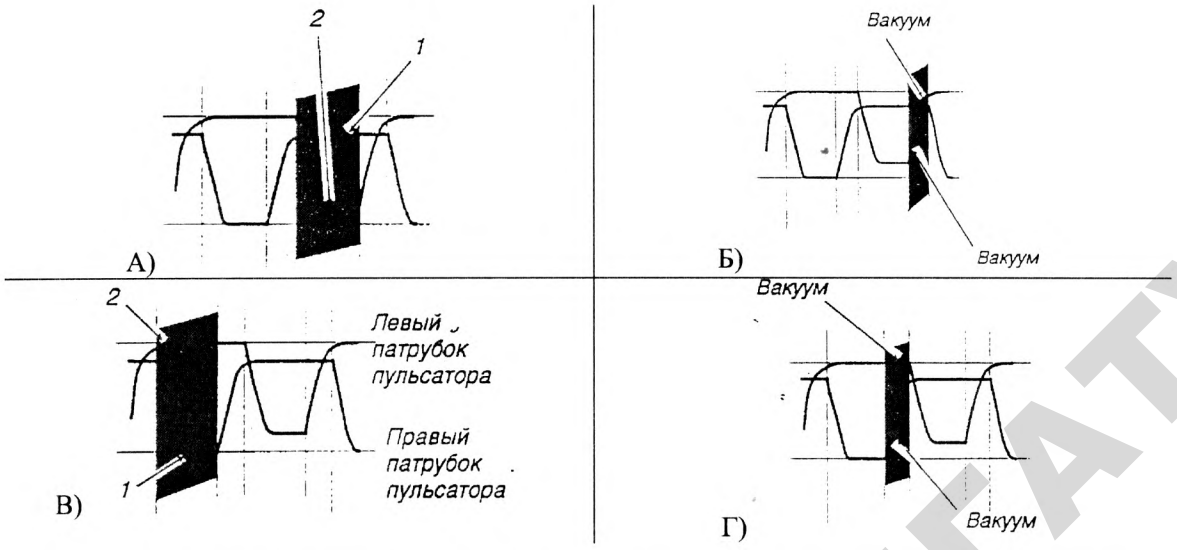


Рисунок 3.24 - Распределение фаз в патрубках гидравлического пульсатора парного доения:
1 – правый патрубок; 2 – левый патрубок

Применяются также *электромагнитные пульсаторы парного доения* (рис. 3.25). Они действуют от постоянного или переменного электрического тока напряжением 12 В. 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.

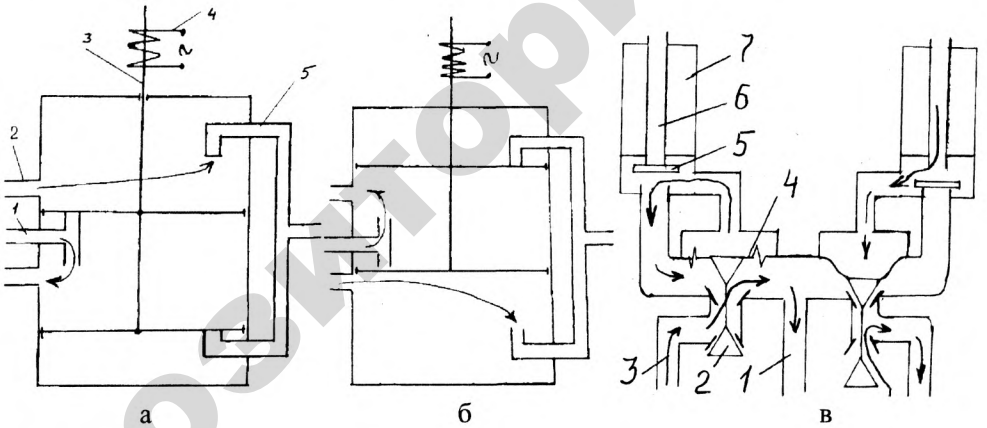


Рисунок 3.25 - Схема электромагнитного пульсатора парного доения сосков:
а, б – одноклапанный; 1 – патрубок атмосферного воздуха; 2 – патрубок пульсирующего вакуума; 3 – механизм клапанный; 4 – электромагнит; 5 – патрубок постоянного вакуума; в – двухклапанный; 1 – патрубок постоянного вакуума; 2 – клапан воздушный; 3 – патрубки переменного вакуума; 4 – мембраны; 5 – клапан электромагнитный; 6 – патрубок воздушный; 7 – корпус электромагнита

Конструкция электромагнитного пульсатора приведена на рис. 3.26, 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.

Репозиторий БГАТУ

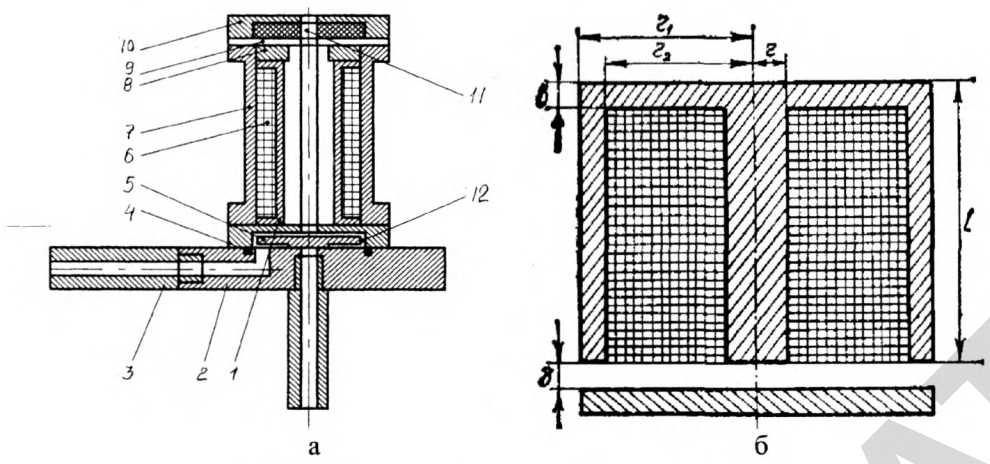


Рисунок 3.26 - Электромагнитный пульсатор:
а – общий вид; б – электромагнит;
1 – сердечник; 2 – основание; 3 – штуцер; 4 – прокладка резиновая;
5 – якорь; 6 – катушка; 7 – корпус электромагнита; 8 – шайба фиксирующая;
9 – прокладка фиксирующая; 10 – крышка; 11 – отверстие; 12 – клапан

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 (такой электромагнит изображен на рис. 3.26, б. Два воздушных зазора образуются якорем и цилиндрическим сердечником, а также якорем и плоским торцом корпуса.

Доильные аппараты "Эклипс" и "Мини-Орбит" (рис. 3.27) – коллектор объемом 305 и 640 $см^3$ соответственно. Диаметры входного отверстия 9 мм, а выходного – 16 мм обеспечивают свободный отток молока от сосков при минимальном вакууме, что снижает случаи заболевания маститом. Использование в аппарате прозрачного пластика обеспечивает видимость молочного потока.

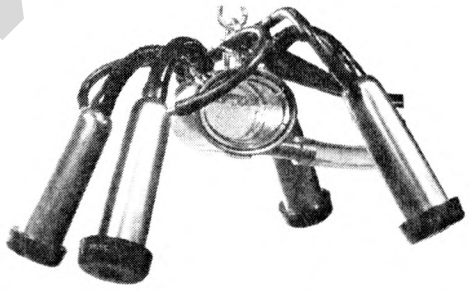


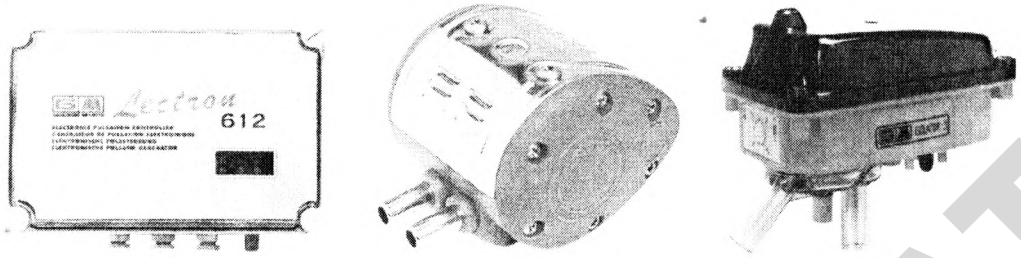
Рисунок3.27 - Коллектор доильного аппарата "Эклипс"

Использование электронной системы пульсаций "Пейсмейкер" с электронным контролерами пульсаций прямого действия обеспечивают регулируемое соотношение продолжительности тактов. Контролеры подают точные импульсы напряжением 12 В.

В доильном оборудовании фирмы "SURGE" для отвода доильных аппаратов из-под коровы на выбор могут быть системы как полностью автоматическими, с выдвижным отводящим рычагом при дойке в доильном зале, а также в виде подвижного узла при дойке в коровнике.

Репозиторий БГАТУ

Электронный пульсатор "LECTRON" фирмы "GASCOIGNE MELOTTE" (рис. 3.28) из Нидерландов имеет программируемую скорость пульсаций от 30 до 120 мин$^{-1}$, а также различные соотношения тактов для передних и задних сосков: 55/45 для передних сосков; 60/40 – для задних.



а) б) в)

Рисунок 3.28 - Фрагменты доильной аппаратуры фирмы "GASCOIGNE MELOTTE":
а – электронный пульсатор; б – пневматический пульсатор; в –датчик окончания доения

Исполнение пульсаторов может быть как электронное (рис. 3.28, а), так и пневматическое (рис. 3.28, б). Для облегчения работы оператора применяется *система "ISOLATOR 3"*, одним из основных элементов которой является датчик окончания доения (рис. 3.28, в). Эта система отвода: осуществляет автоматическую настройку снятия доильных аппаратов, с учетом особенностей отдачи молока каждой коровой; имеет регулируемый вакуумный таймер для предотвращения попадания воздуха на входе во время установки доильного аппарата; устройство обнаружения упавшего доильного аппарата и отключения его от вакуумной линии, регулируемой запаздыванием вакуума; через 5 с после отвода кластера вакуум включается для отсоса остатков молока из доильного аппарата; регулируемое приспособление для отсоса от 100 до 300 г/мин, система отключения вакуума, встроенная в конец молочного сенсора.

Стимулятор вымени "LECTRON TL" работает в режиме 200 мин$^{-1}$ во время фазы стимуляции в течение от 20 до 50 с.

– *доильные аппаратыIsolac 400 S*(рис. 3.29) (стандартный без клапана с автоматическим снятием аппарата, применяется в доильных залах) и Isolac 400 F (со встроенным автоматическим клапаном-прерывателем – без автоматического снятия аппаратов);

– электронный пульсатор Lectron (поставляется несколько видов пульсаторов с различными возможностями – модели 312, 612, TL и др.;

– электронный измеритель потока молока MR 2000 (рис. 3.30). Снабжен многофункциональным дисплеем с клавиатурой и устройством для обора проб. При подключении контрольного устройства GM 3000 дополнительно появляется возможность регистрировать более 90 параметров каждого из животных, находящихся в доильном зале, осуществлять автоматическую запись надоев и других параметров (скорость молокоотдачи и др.);

– датчик окончания доения и автоматическая система снятия доильных аппаратов (имеет автоматическую настройку с учетом особенностей молокоотдачи каждой коровы и другие устройства.

Компания A/S S.A. CHRISTENSEN &Co (S.A.C.) была основана в 1938 г. Значительную часть рынка компания SAC занимает в Японии, Германии, на Ближнем Востоке и в самой Дании.

Доильный аппарат "UNIFLOW 3" фирмы "S.A.C." имеет вес 1360 г, большой объем коллектора – 420…480 мл, прозрачную или нержавеющую крышку коллектора. Подключается к вымени коровы без подсосов благодаря конструкции сосковой резины. Может осуществлять доение при низком, до 38 кПа, вакууме. Возможно оснащение маститным индикатором.

Репозиторий ГГАТУ

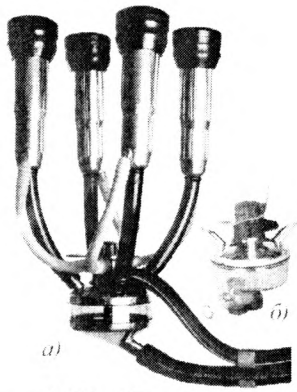


Рисунок 3.29 - Кластеры доильных аппаратов фирмы Gascoine Melotte: *а* – Isolac 400 F; *б* – Isolac 400 S

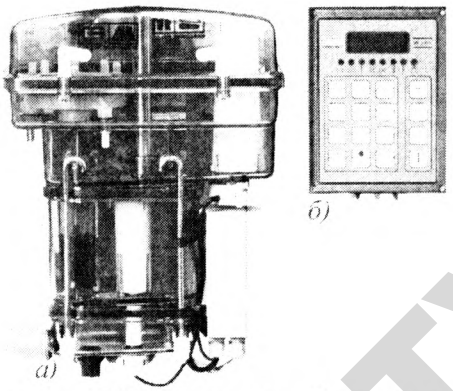
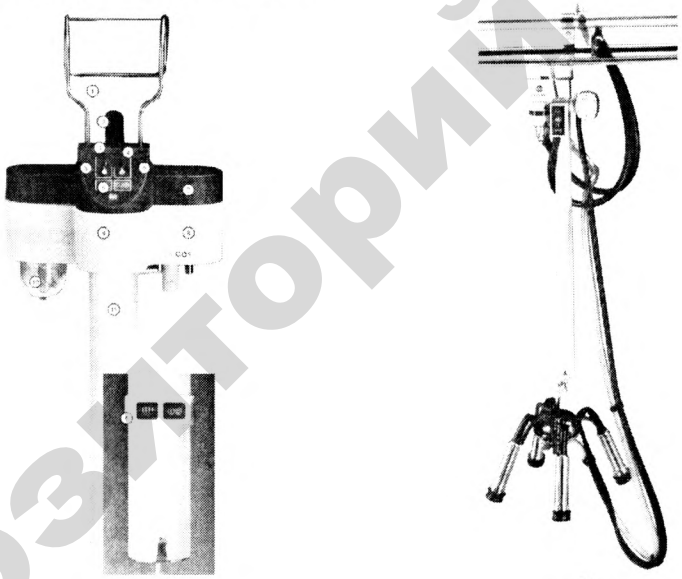


Рисунок 3.30 - Электронный измеритель молока MR 2000: *а* – измеритель объема; *б* – многофункциональный дисплей с клавиатурой

Доильный аппарат "UNICO 1" (рис. 3.31, а) фирмы "S.A.C." применяется на фермах с привязным содержание скота и доением в молокопровод. Стимулирует корову при молокоотдаче менее 400…500 мл/мин. Автосъемник включается если поток молока снижается до 230 мл/мин после 15 с задержки. Снятие аппарата происходит при открытом положении сосковой резины. Работает от аккумуляторной батареи.



а) б)

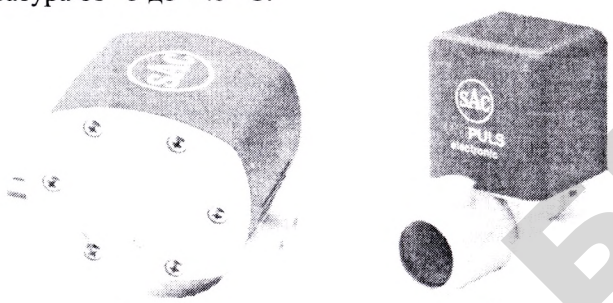
Рисунок 3.31 - Доильные аппараты фирмы SAC:
а – "UNICO1"; б – "SACCO 800S";
1 – кронштейн из нержавеющей стали; 2 – контакт зарядного устройства; 3 – панель управления; 4 – световая индикация процесса доения; 5 – световая индикация контроля работы пульсатора; 6 – кнопка пуск/стоп; 7 – электронный пульсатор; 8 – корпус; 9 – устройство управления; 10 – датчик потока молока, контролирующий снятие доильного аппарата; 11 – аккумуляторные батареи в трубе автосъема

Доильный аппарат "SACCO 800S" (рис. 3.31, б) фирмы "S.A.C." обеспечивает автоматическое снятие подвесной части доильного аппарата по окончании доения. Электропитание осуществляется от автономного источника питания (аккумуляторной батареи) с периодом подзарядки 1 раз в неделю.

Репозиторий БГАТУ

Состоит из электронного блока управления, который контролирует, сигнализирует и управляет дойкой; датчика потока, контролирующего скорость молокоотдачи коровы; электромагнитного клапана, обеспечивающего отсутствие вакуума в подсосковой камере в момент снятия подвесной части доильного аппарата с вымени; цилиндра и поршня, которые обеспечивают снятие подвесной части доильного аппарата и удерживают ее в подвешенном состоянии; комплектуется гидравлическим или электронным пульсатором.

Пульсаторы "UNIPULS 2" (рис. 3.32, а) и "UNIPULS ELEKTRONIC" (рис. 3.32, б) фирмы "S.A.C." работают при вакууме от 34 до 54 кПа. Выпускаются в двух исполнениях: 50/50 частота пульсаций 50 мин$^{-1}$; и 60/40 частота пульсаций 60 мин$^{-1}$. Выполняются во влагозащитных корпусах. Рабочая температура от –5 до +45 °С.



а) б)

Рисунок 3.32 - Пульсаторы:
а – UNIPULS 2; б – UNIPULS ELEKTRONIC

Особенности и краткая техническая характеристика пульсаторов "UNIPULS 2" и "UNIPULS ELEKTRONIC":

- плавная регулировка частоты пульсаций и баланса от 30 до 120 мин$^{-1}$;
- может использоваться с отечественными и импортными доильными аппаратами попарного доения;
- имеет малую зависимость частоты пульсаций от температуры воздуха и уровня вакуума;
- работает от автономного источника питания;
- включается автоматически при подключении вакуума;
- уровень шума – менее 70 дБ;
- вес – 332 г;
- габаритные размеры 86×94×105 мм.

Особенностью коллектора доильного аппарата фирмы "S.A.C." (Дания) является плавающая конструкция крепления распределителя переменного вакуума на стержне, за счет чего исключается перекручивание патрубков и улучшается пространственная ориентация доильных стаканов.

Подвесная часть доильного аппарата фирмы "S.A.C." с вмонтированным в коллектор маститным индикатором представлена на рис. 3.33. Для каждого соска молочной железы имеется отдельный датчик, измеряющий содержание соли в молоке в течение всей дойки. Если содержание соли превышает допустимый уровень, то загорается светодиод, сигнализирующий об отклонении в данной доли вымени. Маститный индикатор при помощи светодиода также показывает окончание дойки. Питание осуществляется от электрической сети или автономного источника питания (батарейка).

Одна из ведущих мировых производителей оборудования для молочного животноводства фирма Westfalia Landtechnik GmbH на Российском рынке с 1996 г. Через сеть своих представителей и дилеров предлагает: консультации и предложения по обновлению оборудования, подбор комплектов и проектирование новых молочных комплексов, расходные материалы и запасные части для поставляемого оборудования, компьютерные системы контроля и управления стадом.

Репозиторий БГАТУ

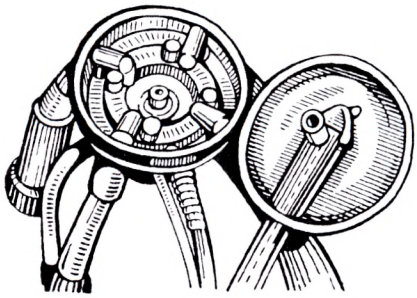


Рисунок 3.33 - Подвесная часть с маститным индикатором фирмы "SAC"

Доильный аппарат М901/1, фирмы "Импульс" состоит из пульсатора мембранного типа, доильных стаканов со смотровыми стеклами, устройством регистрации количества выдоенного молока и скорости потока молока и емкости для сбора молока. Емкость для сбора молока оснащена выравнивательным приспособлением для учета неровностей пола. Контроль за потоком молока из каждой четверти вымени в отдельности осуществляется как визуально, с помощью прозрачных шланг различного цвета (зеленый, сиреневый, синий, желтый), так и контрольным прибором, учитывающим минутный удой и удой за 15 с, регистрирующиеся на центральном табло.

Для управления процессом доения фирмой "Импульс" разработано устройство МА-1/2 ("Физио-Матик"). Аппарат с таким устройством способен автоматически производить массаж сосков перед доением, осуществлять переход на непосредственно доение и машинное додаивание и выдавать команду на прекращение доения после окончания молокоотдачи.

Аппарат включается в работу при снятии его с крючка выключателя, который подает напряжение на блок управления и пульсатор-распределитель. В режиме автоматического массажа сосков вымени коровы в межстенных камерах доильного стакана с частотой 45 пульсов в минуту образуется то разрежение (51 кПа), то создаваемое специальным компрессором избыточное давление (158 кПа). Через минуту блок управления переводит аппарат на режим доения. По окончании молокоотдачи фотоэлемент посылает сигнал на блок управления и далее пульсатор-распределитель подает избыточное давление в межстенные камеры доильных стаканов. Сосковая резина сжимается, предохраняя тем самым сосок от действия вакуума.

Другой разработкой фирмы "Импульс", предусматривающей электронное наблюдение за потоком молока, является оснащение доильных аппаратов микропроцессорной системой "Пульсатроник S", "А" или "М". Доение происходит в ручном (поток молока не управляется стандартной пульсацией) и автоматическом (электронное управление потоком молока с APF-пульсацией для быстро и медленной отдающих молоко коров) режимах. В программе предусмотрено доение со стимуляцией, додаивание со стимуляцией, автоматическое отключение по окончании доения или подача светового сигнала.

Фирма "Miele" (ФРГ) разработала систему автоматической стимуляции молокоотдачи, включающую следующие режимы:

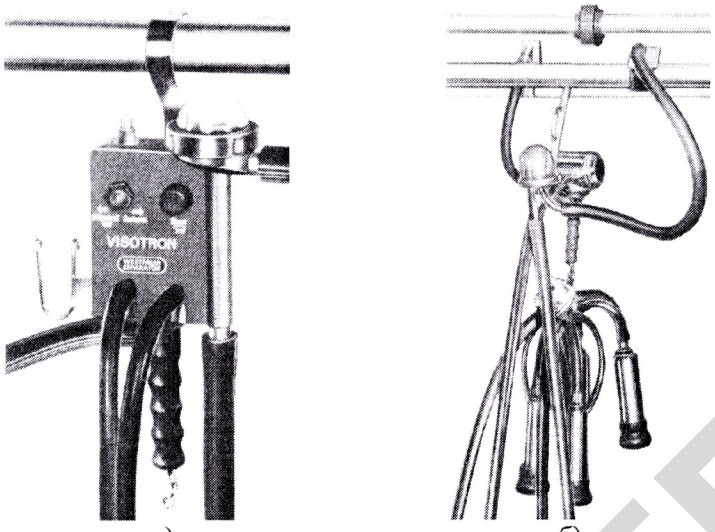
– от первоначального режима пульсаций 55 мин$^{-1}$ и соотношением тактов сосания к сжатию 25:75 бесступенчато в течение 20 с осуществляется переход к числу пульсаций 150 мин$^{-1}$;

– продолжительность работы аппарата с этими параметрами в течение 20 с;

– переход в течение 10 с от указанного режима к режиму доения с соотношением тактов сосания к сжатию 60:40 и числом пульсаций 60 мин$^{-1}$.

Доильный аппарат фирмы "Westfalia Separator" выпускает доильный аппарат (рис. 3.34), оснащенный электронным пульсатором "STIMOPULS C", предусматривающий использование процесса стимуляции сосков вымени при доении и додаивании, с учетом процесса молокоотдачи коровы во время дойки, а также изменяющиеся индивидуальные особенности животных в промежутке между отелами. Он осуществляет стимуляцию высокой частотой (300 мин$^{-1}$) пульсаций сосковой резины в начале доения (60 с) и отключение пульсаторов в такте сжатия в конце доения.

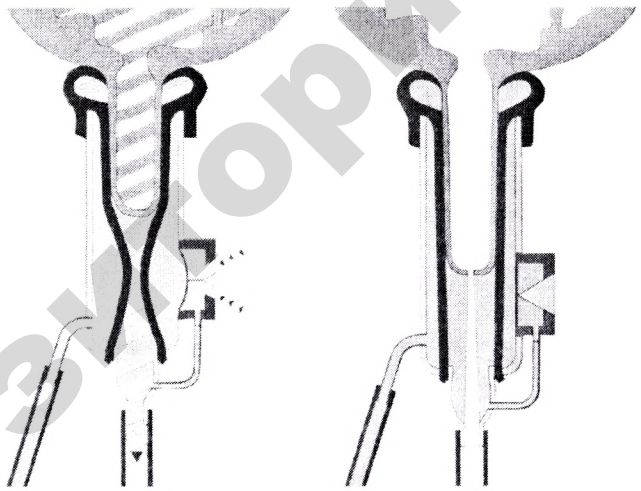
Репозиторий БГАТУ



а) б)

Рисунок 3.34 - Доильные аппараты фирмы "Westfalia Separator" с пульсатором "VISOTRON" (а) и "VACUPULS-CONSTANT" (б)

Конструкция доильного стакана аппарата "BIO-MILKER" фирмы "Westfalia Separator" (рис. 3.35) во время такта сжатия позволяет стимулировать процесс молокоотдачи у коров и тем самым увеличить продуктивность коров на 5 %.



а) б)

Рисунок 3.35 - Схема работы доильного стакана:
а – стимуляция; б – молокоотдача

Сосковая резина – единственный элемент доильного аппарата, который контактирует с соками вымени животного. От ее технических параметров и качества в значительной мере зависят состояние здоровья вымени коровы, скорость молокоотдачи и продуктивность животных.

Анализ многочисленных экспериментов свидетельствует о том, что *конструкция сосковой резины* больше, чем любой другой фактор, влияет на характеристики доения (интенсивность молокоотдачи, степень скольжения по соску, продолжительность доения, качество механического воздействия на соски, состояние вымени животного).

Для изготовления сосковой резины чаще всего применяют силикон. Она состоит из следующих частей: головки (а), находящейся в верхней части; чулка (б) (средняя часть); молочной трубки (в) (нижняя часть) (рис. 3.36).

Репозиторий БГАТУ

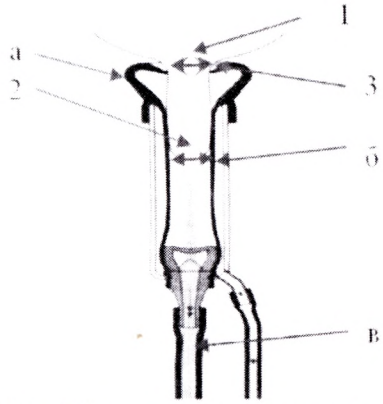


Рисунок 3.36 - Схема доильного стакана с сосковой резиной

На эффективность доения коров большое влияние оказывает соответствие диаметра входного отверстия головки 1 и чулка 2 соскам коров, а толщина стенки чулка определяет физические свойства сосковой резины (степень мягкости/жесткости). Существенное значение имеют и края 3 у входного отверстия головки. Они также должны различаться по мягкости/жесткости в зависимости от формы сосков, на которых будет применяться резина.

Производители предлагают значительные объемы сосковой резины различных конструкций. Например, имеется сосковая резина с разными формами головки, диаметр которой варьируется от 18 до 27 мм, а диаметр чулка— от 20 до 28мм.

Размер и форму сосковой резины нужно подбирать по наибольшему количеству животных со сходными параметрами сосков; животные со значительными отклонениями от средних показателей не должны приниматься в расчет. Для того чтобы определить типоразмер сосковой резины, следует измерить соски животных. Согласно рекомендациям немецких специалистов, если число коров не превышает 100голов, то измерения проводятся у 50% животных, до 500голов— минимум у 20%, свыше 500голов— от 10 до 20%. Затем необходимо еще раз осмотреть стадо и убедиться в том, что выполненные измерения отражают среднюю картину.

На внутреннюю поверхность сосковой резины постоянно воздействуют жир, белок, минеральные вещества молока. Поэтому, если резину не очищать должным образом после доения, на ней могут появляться отложения — так называемый «молочный камень».

Кроме того, резина может стать источником инфекции соска и повышения бактериальной обсемененности молока.

Необходимо постоянно контролировать степень жесткости сосковой резины. Слишком жесткая резина при доении массирует не всю площадь кончика соска, «защемляет» сосок и давит на кожу. При использовании такой резины сокращается такт сжатия (период, когда сосок должен «отдохнуть»), что приводит к раздражению вымени и заболеванию маститом. При увеличении времени доения сосковый канал удлиняется, что препятствует быстрому прохождению молока. К тому же сосок деформируется, его кончик становится плоским. Не исключено, что из-за этого неприятного для коровы «массажа» на сосковом канале могут появиться выпячивания.

Разброс жесткости сосковой резины в доильном аппарате по вакууму смыкания (минимальный уровень вакуума, необходимый для смыкания сосковой резины, обычно находится в пределах 9кПа) не должен превышать 0,6кПа, а на приборе по удлинению— ±2мм. Если эти параметры не будут соблюдаться, скорость выдаивания отдельных четвертей вымени станет неравномерной.

Во время доения сосковая резина в доильном стакане должна находиться в состоянии незначительного натяжения. Некоторые конструкции сосковых резин в течение всего периода эксплуатации могут работать без дополнительного натяжения, другие необходимо передвигать на очередное кольцевое углубление, когда длина резины от кольцевой линии перехода до кольцевого углубления внизу станет равной длине гильзы доильного стакана.

Сосковая резина не допускается к эксплуатации, если имеются:

Репозиторий БГАТУ

- повреждения молочной трубки сосковой резины — происходит потеря вакуума под соском;
- повреждения соскового чулка — сосковая резина не сможет закрываться, и молоко будет попадать в вакуумную магистраль;
- повреждения шлангов переменного вакуума — произойдет потеря вакуума в межстенном пространстве доильного стакана, и сосковая резина не будет полностью раскрываться.

3.5 Расчет доильных аппаратов

Высокой продуктивности коров можно достигнуть только в случае, если доильная машина будет стимулировать естественный процесс молокоотдачи. Основная трудность при этом является в правильном функционировании всех элементов биотехнической системы "человек–машина–животное", в которой два последних элемента противоположных по своей природе. Поэтому работа доильного аппарата должна проходить в строгом соответствии с физиологией животного.

Расчет доильных аппаратов предполагает определение длительности тактов, а также обоснование выбора конструктивных параметров пульсатора и коллектора.

Рабочий цикл доильного аппарата графически изображается в виде индикаторных диаграмм, показывающих в каждый момент давление воздуха в межстенной и подсосковой камерах доильного стакана.

На рис. 3.37 представлены диаграммы идеальных процессов работы двухтактного (рис. 3.37, а, б, г) и трехтактного (рис. 3.37, в, д) аппаратов.

По оси ординат отложено разрежение h, Па ("нуль" разрежения соответствует атмосферному давлению), а по оси абсцисс – время t, с. Разрежение в межстенной камере $h_{м.к}$ откладывают от нулевой линии по оси ординат вверх, а в подсосковой камере $h_{п.к}$ – вниз.

Рабочий цикл $t_ц$ состоит из тактов сосания $t_1 = t_с$ и разгрузки t_2, т.е. $t_ц = t_1 + t_2$. В двухтактных доильных аппаратах такт разгрузки равен такту сжатия $t_2 = t_{сж}$; в трехтактных – сумме тактов сжатия и отдыха, $t_2 = t_{сж} + t_о$, при этом частота пульсация определяется как $\nu = 1/t_ц$, $с^{-1}$.

Работа доильного аппарата всегда связана с наличием переходных процессов, характеризующих время перехода от одного такта к другому, например от такта сосания к такту разгрузки, t_{1-2}, и от такта разгрузки к такту сосания, t_{2-1}, которые на рис. 3.37, г, д показаны наклонными линиями. Средняя продолжительность тактов при этом определяется интервалами времени, отнесенными к средней высоте ординат (давлений) на диаграммах.

Реальные индикаторные диаграммы имеют более сложный характер, некоторые из них представлены на рис. 3.38.

Для аппарата "Волга" (рис. 3.38, а) длительность тактов, определяемая по соответствующему среднему значению давления на индикаторной диаграмме, будет включать $t_с = 0{,}531$ с, $t_{сж} = 0{,}116$ с и $t_о = 0{,}315$ с. Следовательно, относительная длительность такта сосания составит $\delta_с = t_с/(t_{сж} - t_о) = 1{,}23$. Максимальное разрежение в камерах h = 50,5 кПа наблюдается при частоте пульсаций ν = 1,03 $с^{-1}$ (62 $мин^{-1}$).

Репозиторий БГАТУ

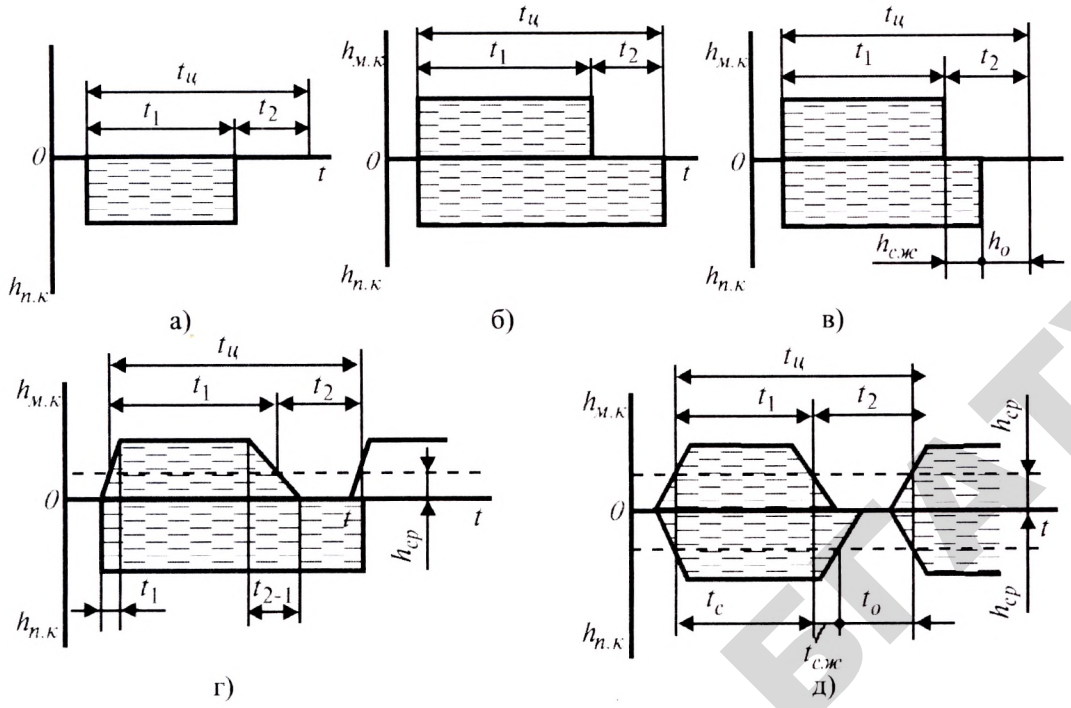


Рисунок 3.37 - Индикаторные диаграммы (идеальные) работы доильных аппаратов: а – двухтактного с однокамерными стаканами; б – двухтактного с двухкамерными стаканами; в – трехтактного; г – двухтактного при наличии переходных процессов; д – трехтактного при наличии переходных процессов

Для двухтактного аппарата АДУ-1 (рис. 3.38, б) длительности тактов составляет $t_с = 0{,}404$ с, $t_{сж} = 0{,}167$ с, длительность цикла $t_ц = 0{,}571$спри частоте пульсаций ν = 1,75 $с^{-1}$. Относительная длительность такта сосания будет равна $\delta_с = t_с / t_{сж} = 2{,}41$. Особенностью рассматриваемой диаграммы является то, что линия 1 представляет прямую, так как в подсосковой камере сохраняется постоянный вакуум. Диаграмма и рабочий процесс доильного аппарата АДУ-1 проще, чем у аппарата "Волга", так как на ней отсутствуют переходы t', t'' и t'''.

При установившемся режиме работы доильного аппарата длительность тактов определяется по интервалам времени, через которые происходит переключение клапана пульсатора. Расчет основан на учете закономерностей перетекания воздуха из управляющей камеры 4П пульсатора в рабочую камеру 2П или из рабочей камеры в управляющую. Воздух через регулируемый канал малого сечения перетекает под действием перепада давлений, имеющихся в этих камерах. При установившемся режиме откачивание воздуха из геометрической емкости постоянного объема (камера 4П) в камеру неограниченного объема (камера 2П) происходит за время t_1, соответствующее в основном такту сосания.

При этом в камере 4П разрежение возрастает от h_2 до h_1, в то время как в системе вакуум провода поддерживается постоянный вакуум. Впуск воздуха из камеры 2П неограниченного объема в геометрическую емкость камеры 4П, в которой разрежение уменьшается от h_1 до h_2, происходит за время t_2, соответствующее такту разгрузки. При пуске аппарата в управляющей камере 4П разрежение равно атмосферному (т.е. h = 0). Небольшое разрежение (4…13 кПа) в этой камере будет наблюдаться к концу такта сжатия, которое на индикаторных диаграммах доильных аппаратов, приведенных на рис. 3.38, отражения не получило.

РЕПОЗИТОРИЙ ВГАУ

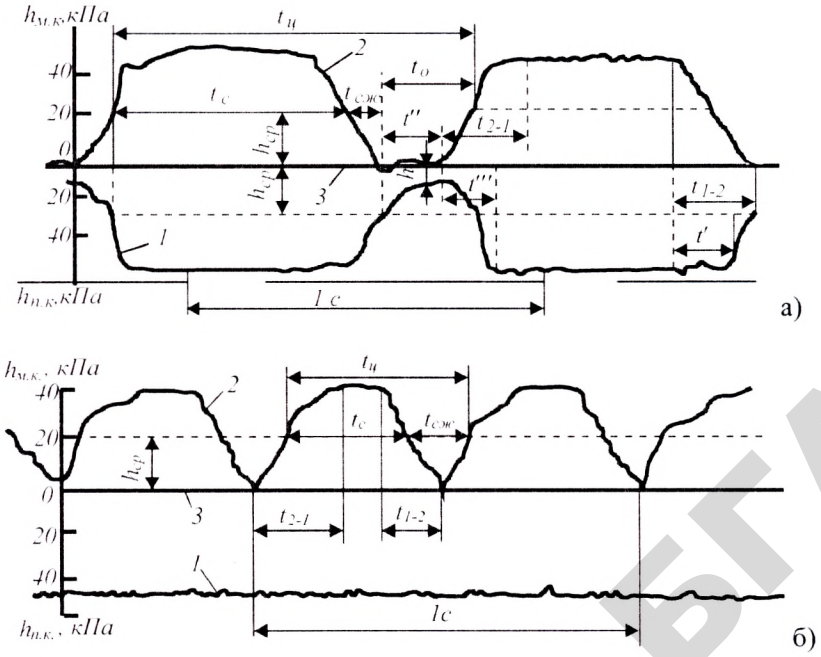


Рисунок .3.38 - Действительные индикаторные диаграммы рабочего процесса доильных аппаратов:

а – трехтактного "Волга"; б – двухтактного АДУ-1;

1 – давление в подсосковых камерах; 2 – давление в межстенных камерах;3 – атмосферное давление

Процессы откачивания и впуска описываются уравнениями Пуазейля, имеющих следующий вид.

При такте сосания время откачивания составляет

$$t_1 = \frac{V}{(76-h)k_p} \ln\left(\psi_1 \frac{h-h_2}{h-h_1}\right). \tag{3.1}$$

При такте разгрузки время впуска составляет

$$t_2 = \frac{V}{76k_p} \ln \psi_2 \frac{h_1}{h_2}, \tag{3.2}$$

где V – объем камеры 4П пульсатора, см^3; k_p – коэффициент Пуазейля, учитывающий размеры канала и вязкость воздуха, $k_p = \pi d_0^4 / 128 l_0 \eta_в$; d_0 и l_0 – соответственно диаметр и длина канала, соединяющего камеры 2П и 4П пульсатора, см; $\eta_в$ – динамическая вязкость воздуха, $\eta_в = 18{,}1 \cdot 10^{-6}$, Па·с; ψ_1 и ψ_2 – переменные коэффициенты.

Переменные коэффициенты ψ_1 и ψ_2 учитывают время на переключение клапанов и уровень вакуума в камерах пульсатора, которые находят из выражений

$$\psi_1 = \frac{152-(h+h_1)}{152-(h-h_2)}; \ \psi_2 = \frac{152-h_2}{152-h_1}. \tag{3.3}$$

Разделим выражение (1) на (2) и получим соотношение длительности такта к времени разгрузки

$$\delta_c = \frac{t_1}{t_2} = \frac{76}{(76-h)} \frac{\ln \psi_1 \dfrac{h-h_2}{h-h_1}}{\ln \psi_2 \dfrac{h_1}{h_2}}. \tag{3.4}$$

Репозиторий БГАТУ

Для расчета длительности тактов по формулам (3) и (4) необходимо определить крайние пределы вакуума h_1 и h_2 в управляющей камере, которые зависят от параметров биологической (сопротивление извлечению молока) и технической (уровень разрежения) подсистем.

Рассмотрим методику расчета пульсатора доильного аппарата. Составим и решим для двух случаев уравнения равновесия сил, действующих на клапаны и мембрану: 1) в момент перехода от такта сосания к такту сжатия, при этом клапан поднимается из нижнего положения в верхнее; 2) в момент перехода от такта сжатия к такту сосания, когда клапан опускается из верхнего положения в нижнее, соединяя камеру 2П с областью постоянного вакуума.

В первом случае вниз направлены сила тяжести подвижных частей G (рис. 3.39) и, вызванная давлением воздуха на верхний клапан площадью $F_{в.к}$, сила

$$P_{в.к} = (h - h_1)F_{в.к}.$$

Вверх будут направлены сила $R_м$, Н, упругости мембраны, защемленной по ее периметру, и обусловленная давлением атмосферного воздуха из камеры 3П на кольцо мембраны площадью $F_к$, сила $P_к$, Н

$$P_к = h_1 u F_к, \tag{3.5}$$

где u – коэффициент активности мембраны, позволяющий учесть часть нагрузки, которая от мембраны передается на стержень клапана, определяемая по формуле Б.Н. Бежанова

$$u = \left[1/3 + d_к/d_м + (d_к/d_м)^2\right] / \left[1 + 2d_к/d_м + (d_к/d_м)^2\right]; \tag{3.6}$$

$d_м$ – наружный диаметр мембраны, м; $d_к$ – внутренний диаметр кольцевой камеры, м.

Тогда уравнение равновесия сил в момент перехода клапана из нижнего положения в верхнее имеет вид

$$P_{в.к} + G = P_к + R_м \text{ или } (h - h_1)F_{в.к} + G - R_м = h_1 u F_к.$$

Отсюда

$$h_1 = (hF_{в.к} + G - R_м)/(F_{в.к} + uF). \tag{3.7}$$

По результатам экспериментов установлено, что упругая сила $R_м$ мембраны находится в пределах 1…3 Н.

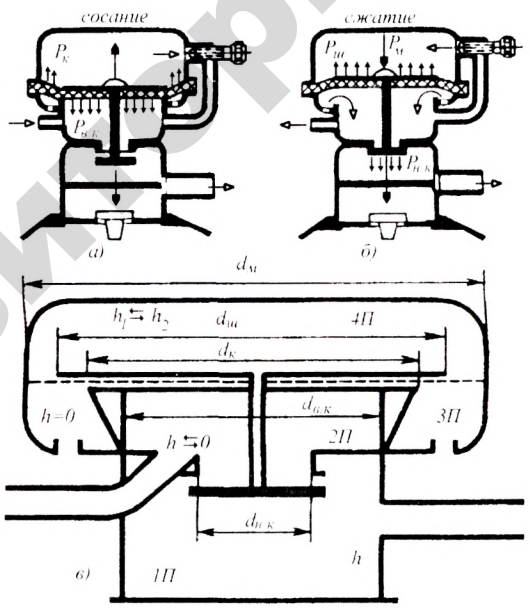


Рисунок 3.39 – Действие сил в пульсаторе доильного аппарата «Волга»:
а – схема сил в такте сосания; б – схема сил в такте сжатия; в – расчетная схема

Репозиторий БГАТУ

Во втором случае вниз направлены сила тяжести подвижных частей G (рис. 3.40), $R_м$ – упругая сила мембраны и, обусловленная давлением воздуха на нижний клапан площадью $F_{н.к}$, сила $P_{н.к} = hF_{н.к}$.

Вверх направлены обусловленная давлением на кольцо мембраны площадью $F_к$, сила $P_к = h_2 u F_к$ и, вызванная давлением на шайбу площадью $F_ш$, сила $P_ш = h_2 F_ш$.

В момент перехода клапана из верхнего положения в нижнее уравнение сил примет вид

$$P_{н.к} + G + R_м = P_ш + P_к .$$

После подстановки $P_ш$ и $P_к$ и соответствующих преобразований получим

$$h_2 = \left(hF_{н.к} - G - R_м\right) / \left(F_ш + uF_к\right) . \qquad (3.8)$$

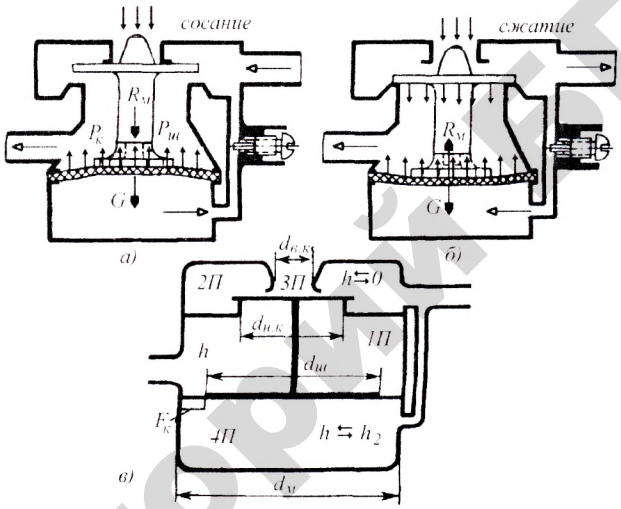


Рисунок 3.40 - Действие сил в пульсаторе доильного аппарата "Майга":
а – схема сил в такте сосания; б – схема сил в такте сжатия; в – расчетная схема

Приведенные формулы справедливы для любого мембранного пульсатора, имеющего управляющую камеру 4П постоянного объема, и необходимы для расчета соотношения длительности тактов. При этом предельные значения давлений h_1 и h_2 необходимо определять с учетом размеров пульсатора и особенностей его конструктивной схемы.

Для двухтактного аппарата "Майга" (рис. 3.40) они имеют следующий вид

$$\left.\begin{aligned} h_1 &= \frac{1}{F_ш + uF_к}\left[h\left(F_ш + uF_к - F_{в.к}\right) - G - R_м\right] \\ h_2 &= \frac{1}{F_ш + uF_к}\left[h\left(F_ш + uF_к - F_{в.к}\right) - G + R_м\right] \end{aligned}\right\} . \qquad (3.9)$$

При расчете действительных значений длительности тактов следует учитывать переходные процессы за пульсатором.

Отличительной особенностью трехтактного аппарата является наличие такта отдыха, длительность которого определяется мембранно-клапанным механизмом коллектора, управляемым пульсатором. Для его работы характерны два момента: 1) момент перехода от такта сосания к такту разгрузки (рис. 3.41, б), когда клапаны при разрежении переходят из верхнего положения в нижнее; 2) момент перехода от такта разгрузки к такту сосания, когда при разрежении клапаны перемещаются из нижнего положения в верхнее (рис. 3.41, в).

Репозиторий БГАТУ

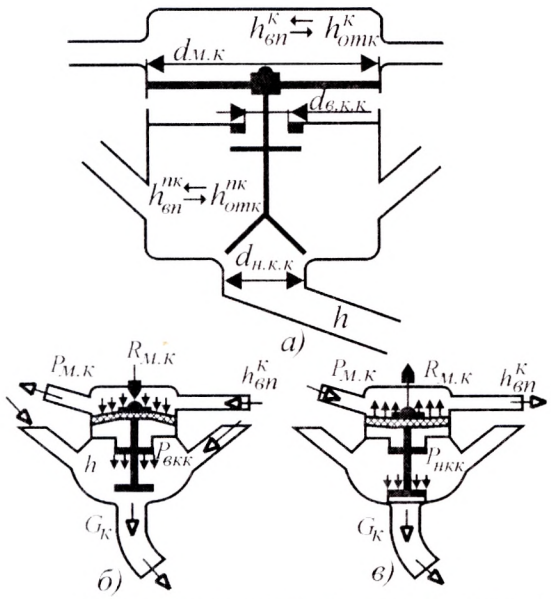


Рисунок3.41Схема коллектора доильного аппарата "Волга":
а – расчетная схема;
б – схема сил в такте сжатия;
в – схема сил в такте отдыха

Методика расчета клапанного механизма коллектора аналогична расчету клапанов пульсатора.

3.6 Доильные машины и расчет расхода воздуха

3.6.1 Общие положения

Доильная машина непосредственно взаимодействует с организмом коровы, она облегчает работу людей и повышает производительность труда. *В доильной машине* имеются исполнительный механизм, трансмиссия и двигатель. Главные ее части – вакуумный насос, вакуум-провод и доильный аппарат. Вакуумный насос служит для откачивания воздуха и создания вакуумметрического давления в доильном аппарате. Связующим звеном между вакуумным насосом и доильным аппаратам является вакуум-провод, по которому вакуумметрическое давление от вакуумного насоса распространяется в доильные аппараты.

Главной исполнительной частью доильной машины является доильный аппарат, который непосредственно контактирует с животным, отсасывая молоко из вымени коровы.

Доильные машины, выпускаемые промышленностью, в основном удовлетворяют зоотехническим требованиям. При выполнении оператором машинного доения технологической дисциплины они обеспечивают полное выдаивание и совершенно безопасны для коровы.

В состав доильной машины (рис.3.42) входит: вакуумная установка, включающая вакуумный насос 1 с электродвигателем, глушителем и предохранителем 2; вакуум-балон 8; вакуум-провод с вакуумметром 3 и вакуум-регулятором 7; доильные аппараты 5, подключаемые к вакуумной линии через вакуумные краны 4.

Технологический процесс работы доильной машины происходит следующим образом. Создаваемое вакуум-насосом разрежение распространяется через вакуум-баллон по вакуум-проводу через открытые вакуумные краны в доильные аппараты, обеспечивающие процесс доения и сбора молока в доильном ведре 6. При работе доильных установок с молокопроводом молоко из доильного аппарата отсасывается в молокопровод, по которому воздушным потоком транспортируется в молокоприемник.

Одним из основных конструктивных звеньев доильной машины является вакуумная линия. Величина рабочего вакуума в подсосковой камере доильного стакана существенно влияет на молокоотдачу коров и на процесс машинного доения. Уменьшение этой величины приводит к изменению технических показателей доильных аппаратов, к нарушению стереотипа доения и торможения рефлекса молокоотдачи, а следовательно, к снижению продуктивности коров.

Репозиторий БГАТУ

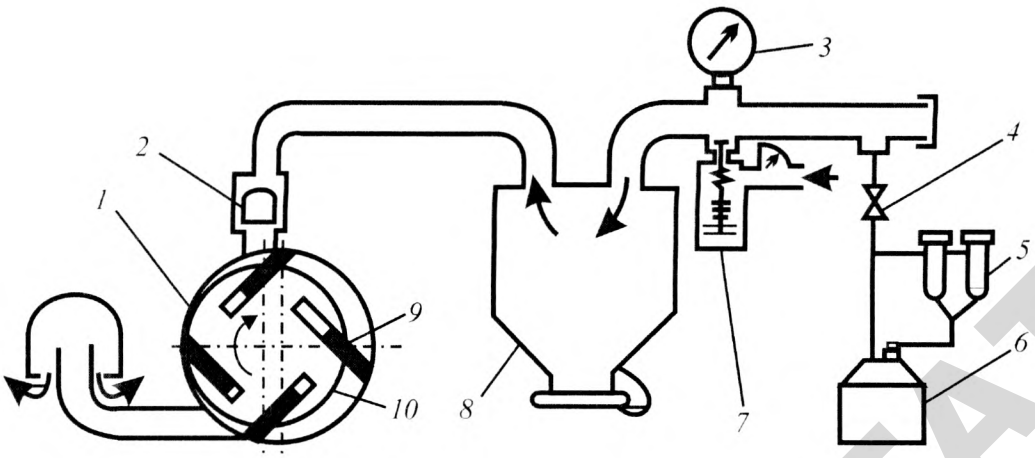


Рисунок 3.42 - Схема доильной машины

При увеличении рабочего вакуума животные испытывают неприятные ощущения. Кроме того, доильные стаканы под действием высокого вакуума наползают на соски, перекрывают молочные каналы, что приводит к заболеванию вымени.

Потребная подача вакуумного насоса включает в себя расход воздуха доильными аппаратами и системой вакуумпровода, зависящих от глубины вакуума, частоты пульсаций, типа доильного аппарата и вместимости камер и трубок, в которых действует переменное разрежение.

3.6.2 Технологии и технические средства получения вакуума

Как показывают исследования зарубежных и отечественных ученых основное влияние на эффективность процесса машинного доения существенное влияние оказывает вакуумный режим. Исследования надежности вакуумного режима доильных установок,

Одной из причин заболевания коров маститом является нестабильный вакуумный режим при доении в молокопровод. Согласно стандарту ISO 5707-2007 не менее 95% времени доения в молокопроводе должны быть расслоенное течение молока и воздуха. Такой режим достигается рядом факторов: непрерывный уклон по длине молокопровода не менее чем 0,2…0,4%; полное отсутствие каких-либо подъемов; диаметр молокопровода должен обеспечивать устойчивый расслоенный режим течения при заданной его длине и количестве одновременно работающих доильных аппаратов.

Исследования, проведенные в ряде областей Российской Федерации, показали, что удовлетворительно работает около 20% доильных машин, имеют технически неисправные вакуумметры -свыше 30%, работают с неисправными вакуумными регуляторами -более 15%, а 80% проверенных вакуумных насосов имеют расход воздуха не соответствующий нормативному.

Современная промышленность выпускает достаточно много различных машин такого типа, которые между собой существенно различаются по конструкции. На рисунке 3.43 представлена классификация наиболее распространенных машин, применяемых в качестве вакуумных насосов, компрессоров или воздуходувок. (волков, зиганшин)

Для создания разрежения при работе доильной машины используют воздушные установки, состоящие из вакуумного насоса, вакуумного балона-ресивера, вакуум-регулятора, вакуумметра, системы трубопроводов с арматурой и двигателя, которые делятся на ротационные, поршневые и эжекторные. В свою очередь ротационные вакуумные насосы подразделяются на лопастные, водокольцевые, типа Рутс и другие. Наибольшее распространение на фермах получили ротационные лопастные вакуумные установки марки УВУ-60/45 и водокольцевые воздушные насосы ВВН-3, ВВН-6, ВВН-12.

Репозиторий БГАТУ

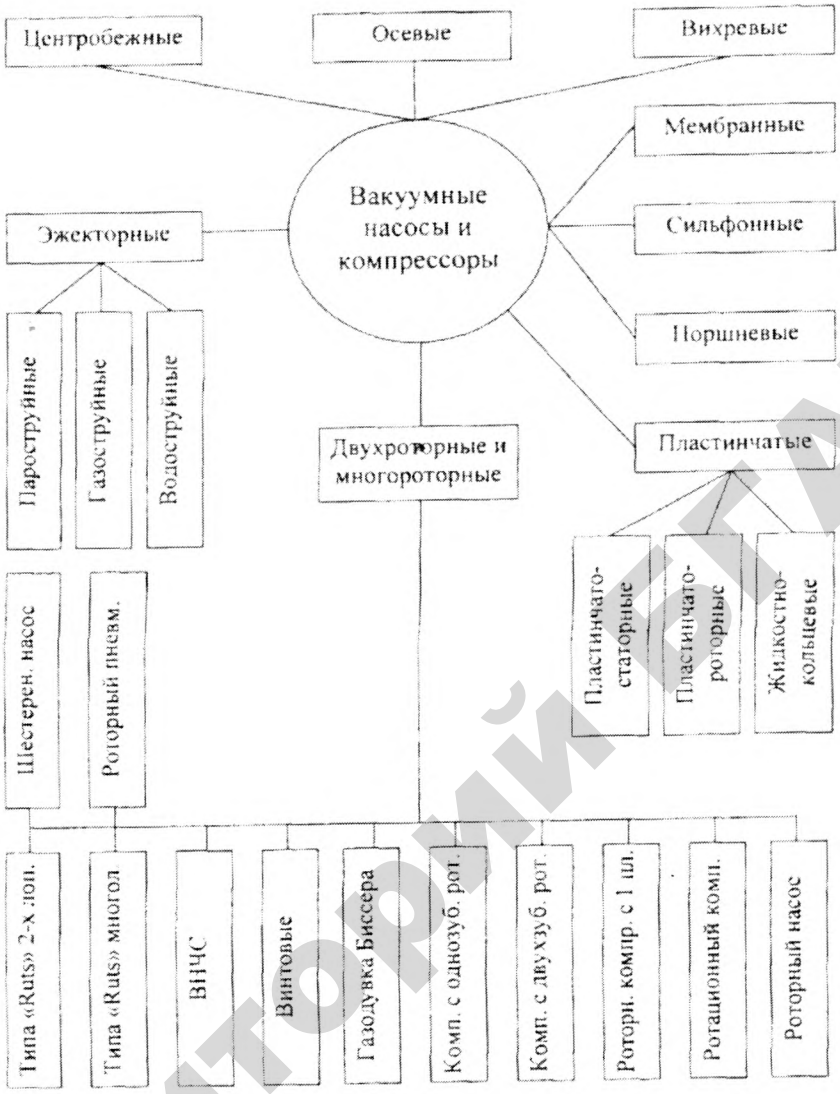


Рисунок 3.43 – Классификация объемных машин для получения вакуума

Принцип действия эжекторных (струйных) насосов следующий. Когда жидкость (или газ) протекает по трубе, имеющей сужение, давление в сужении оказывается ниже, чем в остальных частях трубы (если при этом скорость потока в сужении не достигает скорости звука). Впервые это было установлено итальянским физиком Дж. Вентури (1746–1822), по имени которого была названа трубка, основанная на данном явлении. Если откачиваемый объем присоединить к трубе в месте ее сужения, то газ из него будет переходить в область пониженного давления и уноситься струей жидкости. Эжекторные (струйные) установки крепятся на выхлопной трубе трактора и разрежение создается за счет скоростного потока выхлопных газов.

Ротационная лопастная вакуумная установка типа УВУ включает в себя (рис. 3.44) электродвигатель 1, вакуумный баллон 3, регулятор вакуума 4, вакуумметр 6, вакуумпровод 5, вакуумный насос 2. При частом отключении электроэнергии может комплектоваться резервным двигателем 7 внутреннего сгорания. Унифицированный насос УВУ-60/45 работает при вакууме 53 кПа с воздухопроизводительностью 60 и 40 $м^3$/ч. Для получения требуемого расхода зменяют частоту вращения ротора постановкой шкивов разного диаметра на вал электродвигателя.

Репозиторий ГГАТУ

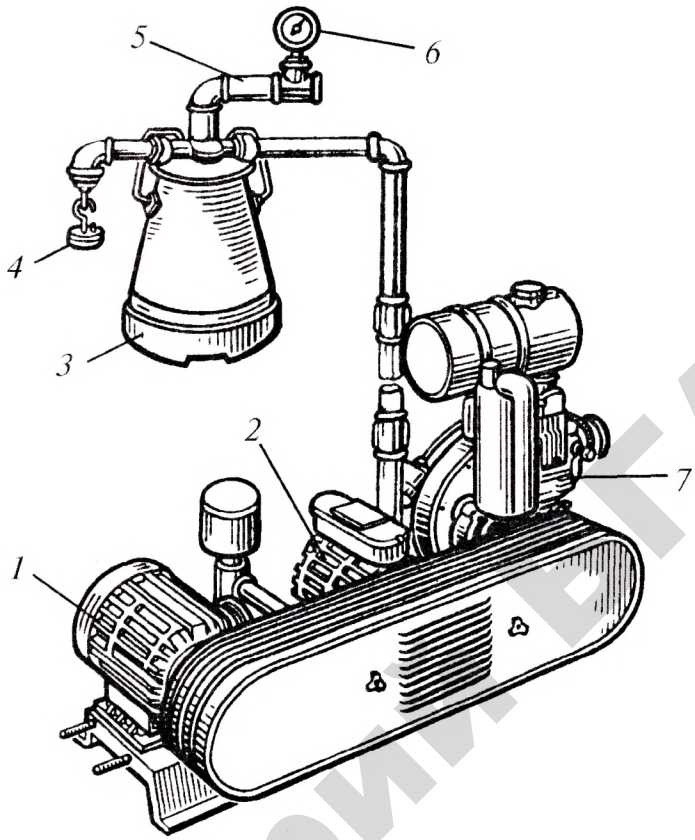


Рисунок 3.44 - Общий вид вакуумной установки УВУ 60/45

Насос вакуумный пластинчато-роторный предназначен для эксплуатации в районах с умеренным климатом на открытом воздухе в диапазоне температур от минус 10° до плюс 40°С и высоте над уровнем моря не более 1000 м, выпускается в четырех исполнениях.

Масленка обеспечивает подачу масла в насос с расходом 0,25…0,4 г/м^3 воздуха, что соответствует истечению масла из стакана при работе установки на величину одного деления в среднем за 1,5 часа работы вакуумной установки производительностью 0,75 м^3/мин, и в среднем за 1,1 часа для вакуумной установки производительностью 1 м^3/мин.

Для исключения возможного обратного вращения ротора и поломок лопаток при выключении электродвигателя соединение впускного отверстия насоса с вакуумпроводом осуществляется через предохранительный клапан.

Вакуум-баллон 3 (рис. 3.44) сглаживает пульсацию вакуума, неизбежно возникающую при работе насоса, собирает влагу и молоко, попавшие в вакуум-провод, а также используется как сливная емкость при промывке трубопроводов. При работе насоса крышка вакуумного баллона должна быть плотно закрыта.

Вакуум-регулятор 4 (рис. 3.44) поддерживает стабильный вакуум в вакуум-проводе.

Водокольцевые машины типа ВВН предназначены для создания вакуума в закрытых аппаратах и системах. Изготавливаются в двух исполнениях: ВВН1 – с номинальным давлением всасывания 0,04 МПа; ВВН2 – с номинальным давлением всасывания 0,02 МПа.

Машины типа ВВН – жидкостно-кольцевые с непосредственным приводом от электродвигателя через упругую муфту.

Водокольцевая установка ВВН-12 состоит из водокольцевой машины 4 (рис. 3.45), имеющей привод от электродвигателя 1 через муфту 2. Все это размещено на фундаментной плите 3.

Репозиторий ВГАТУ

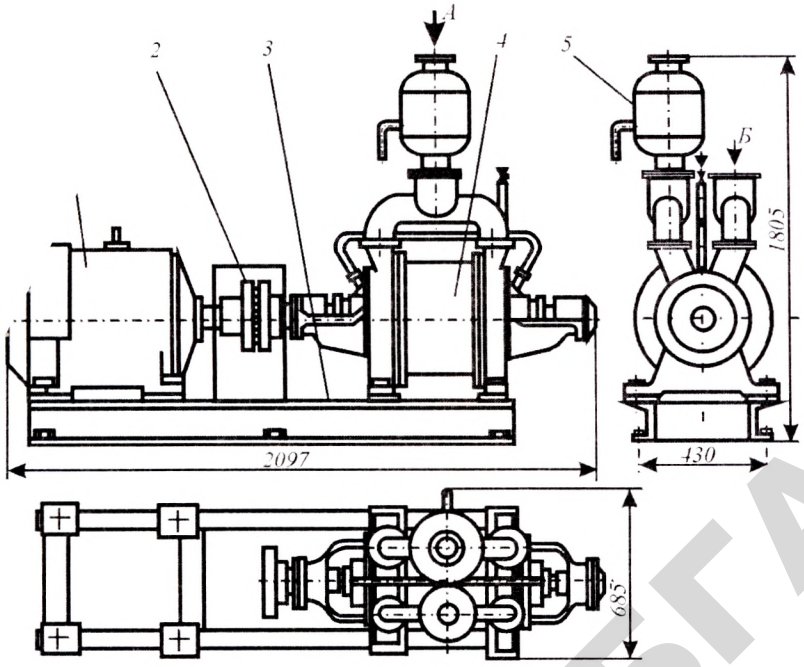


Рисунок 3.45 - Общий вид вакуумного насоса ВВН-12

Водокольцевая машина состоит из корпуса-цилиндра 2 (рис. 3.46), закрытого с торцов крышками-лобовинами. В цилиндре эксцентрично расположено лопастное колесо 1, закрепленное на валу. Выход вала из лобовин уплотняется сальниками с мягкой набивкой. Подаваемая в машину вода питает водяное кольцо 7 и создает гидравлический затвор в сальниках. Вал вращается в подшипниках, расположенных в прикрепленных к лобовинам корпусах.

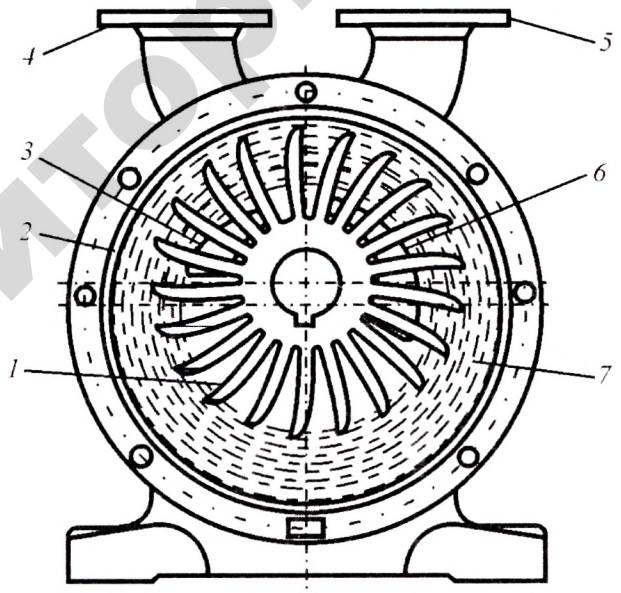


Рисунок 3.46 - Схема водокольцевой машины

Перед пуском в работу через всасывающий патрубок 5 машину заполняют примерно до оси вала водой. При пуске жидкость центробежной силой отбрасывается от втулки ротора к корпусу. При этом образуется жидкостное кольцо и серповидной пространство, которое является рабочей полостью. Рабочая полость разделена на отдельные ячейки, ограниченные лопат-

Репозиторий БГАТУ

ками, втулкой колеса, лобовинами и внутренней поверхностью жидкостного кольца. При вращении колеса объем ячеек увеличивается (на рис. 3.46)вращение по часовой стрелке) и через всасывающее окно 6 происходит всасывание газа. Затем объем ячеек уменьшается, происходит сжатие и выталкивание газа через нагнетательное окно 3. Через нагнетательный патрубок 4 вместе с газом выбрасывается вода. Для отделения воды от газов и ее сбора непосредственно на нагнетательном патрубке в вакуумных насосах устанавливают водоотделитель с открытой переливной трубой. Для отделения воды от газа в вакуумных насосах ВВН-12 применяется прямоточный сепаратор 5 (рис. 3.45). Прямоточный сепаратор представляет собой неразборный сосуд объемом около 24 литров со встроенной внутри многолопастной решеткой, посредством которой и происходит разделение газо-жидкостной смеси, выбрасываемой из насоса. Он обеспечивает практически полное отделение воды от газа при всех возможных режимах работы.

При использовании машины в качестве компрессора к сливному патрубку сепаратора присоединяется водоотводчик, обеспечивающий слив воды без утечки газа.

Преимуществом водокольцевых вакуумных машин перед лопастными вакуумными насосами является то, что при вращении ротор не касается стенок статора. Однако при вращении ротора происходит повышение температуры воды в статоре насоса, что снижает его подачу. Для повышения устойчивости работы насоса ВВН предусмотрена установка специального охладителя воды.

Основные параметры применимости водокольцевых машин представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8 - Показатели водокольцевых вакуумных машин

Показатель	Типоразмер			
	ВВН-3	ВВН-6	ВВН-12	ВВН-25
Производительность при номинальном давлении всасывания, $м^3$/мин	3(2,7)	6(5,4)	12(10,8)	25(22,5)
Номинальное вакуумметрическое давление от барометрического давления, %	60(80)	60(80)	60(80)	60(80)
Максимальный вакуум от барометрического давления, %	90	90	96	96
Удельный расход воды на номинальном режиме, $дм^3$/с	0,13(0,2)	0,3(0,47)	0,5(0,75)	1,0(1,5)
Мощность, кВт	13	22	30	75
Масса, кг	125	215	455	980

Примечание. В скобках даны значения для вакуумных насосов исполнения 2.

Установка вакуумная водокольцевая УВВ-Ф-60Д предназначена для создания вакуума, используется для комплектации доильных установок всех типов. Установка не предназначена для откачки агрессивных газов и паров.

Состоит из водокольцевого вакуумного насоса 3 (рис. 3.47) с приводом от электродвигателя 5 (мощностью 6 кВт), установленного над емкостью для воды 4. Вакуумный насос соединен с вакуумпроводом 1 через предохранитель 2. Остаточный воздух вместе с водой по трубопроводу 7 поступает в емкость для воды 4, а избыточный воздух по трубопроводу 6 выбрасывается из помещения.

Основные технические характеристики водокольцевой вакуумной установки УВВ-Ф-60Д представлены в табл. 3.9.

Одним из важнейших направлений совершенствования конструкций такого типа насосов является снижение энергоемкости. Решению этой проблемы посвящены работы В.А.Максимова, А.М.Мисирова, И.А.Райзмана Ю.А.Цой, и др. С целью снижения расхода воды насосами ВВН проведены исследования Н.М.Антроповским, В.И.Квашенниковым, А.М. Мисировым, Ю.А. Цой и др. Установлено, что для значительного уменьшения расхода воды целесообразно использовать воду по замкнутому контуру, т.е. с рециркуляцией. Однако в этом случае рабочая жидкость нагревается и при температуре выше 40…45°С начинает снижаться производительность, особенно это проявляется при эксплуатации насосов в летний период.

Репозиторий БГАТУ

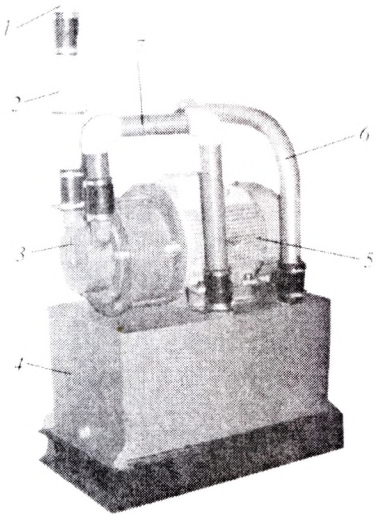


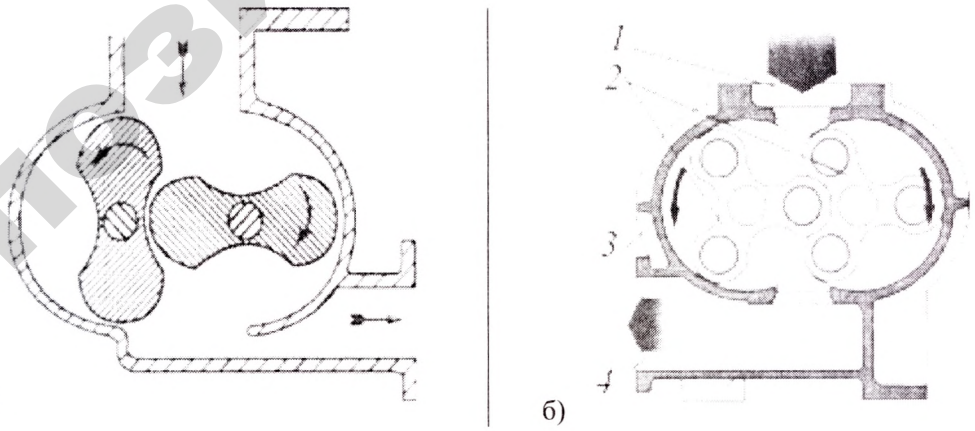
Рисунок 3.47 - Общий вид водокольцевой вакуумной установки УВВ-Ф-60Д:
1 – вакуумпровод;
2 – предохранитель;
3 – насос;
4 – емкость для воды;
5 – электродвигатель;
6 – выхлопная труба;
7 – нагнетательный патрубок

Таблица 3.9 - Основные технические характеристики установки УВВ-Ф-60Д

Наименование параметра и единицы измерения	Значение параметра
Производительность при h = 50 кПа, $м^3/ч$	60±6
Мощность, потребляемая при номинальном режиме, кВт	4±0,4
Предельное остаточное давление, кПа	15±5
Габаритные размеры, м	0,65×0,36×0,75
Масса без воды, кг	110
Объем жидкости, заливаемой в водоотделитель, $дм^3$	50
Условный проход патрубков, мм	40

К недостаткам водокольцевых насосов можно отнести так же повышенную металлоемкость, невысокий КПД и потребность теплого помещения в зимнее время.

Для некоторых процессов требуется очень большая быстрота откачки, хотя бы и не при очень низких давлениях. Этим требованиям удовлетворяют *двухроторные объемные насосы типа воздуходувки Рутса*. Схема такого насоса представлена на рис. 3.48.



а) б)

Рисунок 3.48 - Схема двухроторного объемного насосатипа Рутса:
а – двухкулачковый; б – трехкулачковый;
1 – вход; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – выход

Репозиторий БГАТУ

Два длинных ротора с поперечным сечением, напоминающим восьмерку, вращаются в противоположных направлениях, не соприкасаясь ни друг с другом, ни со стенками корпуса, так что насос может работать без смазки. Необходимости в масляном уплотнении тоже нет, поскольку очень малы зазоры между точно подогнанными деталями конструкции. Ротор вращается с частотой до 50 $с^{-1}$, и высокая быстрота откачки поддерживается до давлений порядка одной миллионной атмосферного. Каждый ротор может иметь два или три кулачка.

Хотя такие насосы способны работать с прямым выхлопом в атмосферу, на их выходе обычно устанавливают вспомогательный вращательный масляный насос, который не только понижает их предельное давление, но и повышает КПД, снижая потребляемую мощность, что позволяет обходиться менее сложной системой охлаждения. Вспомогательный насос, пропускающий ту же массу газа, но при более высоких давлениях, может быть сравнительно небольшим.

3.6.3 Расход воздуха доильным оборудованием

Производительность вакуумной установки должна обеспечивать расход воздуха при доении и промывке доильным и остальным оборудованием, работающим во время доения непрерывно или периодически. В общем случае производительность (подачи) вакуумного насоса должна быть равна:

$$Q_{вн} = Q_{пол} + [Q_{эр} + Q_{всп}] + Q_{укр} + Q_{ув} + Q_{ур}, \quad (3.10)$$

где $Q_{пол}$ - расход воздуха пульсатором и воздух, впускаемый через коллектор. В расчетах можно принять расход воздуха пульсатором 25 л/мин, а расход воздуха через впускное отверстие коллектора 10 л/мин; $Q_{эр}$ - эффективный резерв, согласно рекомендациям ISO 5707-2007; $Q_{всп}$ - расход воздуха вспомогательным оборудованием: системой промывки, воздушный поток, потребляемый в процессе доения (например, вакуумный автомат снятия доильных аппаратов, подъемное устройство молокопроводной аркой, привод дверей). Из вышеперечисленных $Q_{эр}$ и $Q_{всп}$ выбирается большее и подставляется в выражение (4.1); $Q_{укр}$ - утечки (пропускание воздуха) через молочный кран и доильный аппарат при подключении. Определяется как (10+2n) л/мин, n - число зафиксированных доильных аппаратов. Эта величина может быть рассчитана также исходя из утечек через один кран в количестве 1 л/мин; $Q_{ув}$ - утечки в вакуумпроводах принимаются на уровне 5% от нормальной подачи вакуумного насоса. $Q_{ур}$ - потери вакуумрегулятора, рекомендуется принимать на уровне 10% подачи вакуумного насоса или 35 л/мин, в зависимости от того, что больше.

Расход воздуха системой промывки с управляемым образованием «жидкостных» и «воздушных» пробок может быть рассчитан, согласно рекомендациям ISO 5707-2007 по формуле:

$$q_{пром} = \frac{\pi \cdot d_m^2}{4} \cdot V \cdot \frac{P_A - P_в}{P_A}, \quad (3.11)$$

где d_m - диаметр молокопровода, мм; V- скорость «пробки» (7…10 м/с), м/с; P_Aи $P_в$ - соответственно атмосферное давление и уровень вакуума.

Согласно ISO 5707-2007 перепад вакуума между вакуумной установкой (насосом) и точкой подключения не должен превышать 3 кПа, а между точкой подключения регулятора и точкой переключения не должен превышать 1 кПа. Перепад вакуума между насосом и молокоприемником не должен превышать 2 кПа.

Для вакуумпроводов из пластмассы или нержавеющей стали диаметр d трубы рекомендуется определять из выражения:

$$\Delta P = 27{,}8 \cdot l \cdot q^{1{,}75} / d^{4{,}75} \quad (3.12)$$

где l - длина вакуумпровода, м; q - расход воздуха, л/мин; ΔP - гидравлические потери, кПа.

Для оцинкованных труб потери давления рекомендуется определять по следующей формуле:

$$\Delta P = 18{,}74 \cdot l \cdot q^2 / d^5. \quad (3.13)$$

При наличии местных сопротивлений (колена, тройники и т.д.) их величину можно определить как эквивалентные потери на участке прямолинейной трубы.

Репозиторий БГАТУ

Внутренний диаметр молокопровода согласно стандарту ISO 5707-2007 должен обеспечить перепад вакуума между молокоприемником и любой точкой в молокопроводе не более 2 кПа при всех работающих доильных аппаратах. При этом не менее 95% времени доения в молокопроводе должен быть расслоенный режим течения молоковоз душной смеси.

«Пробковый» режим ведет к колебанию вакуума в молокопроводе, оказывает неблагоприятное воздействие на характеристику процесса доения, что повышает риск заболевания коров маститом, увеличивает вероятность соскальзывания и спадания доильных стаканов при дойке. Кроме того «пробковый» режим, как было показано ранее, оказывает неблагоприятное воздействие на дисперсный состав жира в молоке.

Молокопровод должен иметь непрерывный постоянный уклон в сторону молокоприемника не менее 0,2%. В молокопроводе не должно использоваться оборудование, которое может вызвать молочные «пробки» или падение вакуума. Минимальный радиус изгибов молокопровода должен быть не менее 75 мм. В молокопроводе не должно быть расширений или сужений, которые могут препятствовать движению потока молока или его дренажу.

На транспортирующую способность молокопровода оказывают влияние следующие факторы:

- диаметр молокопровода - наиболее важный фактор, так как транспортирующая способность в общем случае пропорциональна d^5;
- уклон молокопровода, который должен быть не менее 0,2%. Больший уклон повышает эффект «самотека» за счет сил гравитации. Отрицательное влияние оказывает наличие горизонтальных («лежачих») мест или «провалов» в трассе молокопровода, так они могут явиться причиной возникновения «пробок» даже при сравнительно большом уклоне;
- схема (петлевая или тупиковая) молокопровода. С точки зрения стабильной величины вакуума, преимущества петлевой схемы хорошо проявляются при подключении доильных аппаратов или при спадании доильных стаканов. При петлевой схеме воздух может поступать в молокоприемник через оба подключенных к нему конца молокопровода.
- длина молокопровода, если соблюдены требования непрерывного уклона молокопровода к молокоприемнику, сама по себе влияет лишь на падение вакуума, зависящего от потерь по длине.

Среди эксплуатационных факторов, влияющих на выбор диаметра молокопровода, решающее значение имеет величина потока молока в молокопроводе. На основании экспериментальных данных, полученных от высокопродуктивных коров голштинофризской породы во Франции и США, стандартом ISO 5707-2007 рекомендуется следующая модель молокоотдачи.

Продолжительность начального участка от надевания доильных стаканов до начала периода максимальной молокоотдачи принимается равной 30 с. Длительность периода максимальной молокоотдачи - 4 л/мин в течение 120 с. Среднее время доения принимается равным 5,5 мин на корову с соответствующим средним значением потока молока 2,6 л/мин.

Среднее значение максимального потока молока от коров в любом стаде может быть рассчитано следующими путями:

а) среднее значение максимального потока q_{max} л/мин тесно коррелирует со средним значением потока молока за весь период доения ql/мин для характерной группы коров в соответствии с регрессией:

$$\overline{q}_{\text{мах}} = 0{,}2 + 1{,}5\ \overline{q} \qquad (3.14)$$

б) среднее значение максимального потока q_{max}л/мин сильно коррелирует со средним значением количества молока V_2в литрах, полученное в характерной группе коров в первые 2 минуты доения в соответствии с регрессией:

$$\overline{q}_{\text{мах}} = 0{,}5\ (1 + \overline{V}_2) \qquad (3.15)$$

Критерием правильности выбора диаметра молокопровода является обеспечение устойчивого расслоенного режима течения молоковоздушной смеси при падении вакуума не превышающем 2 кПа при нормальном давлении без случайных впусков воздуха.

Падение вакуума ΔР за счет гидравлического сопротивления в горизонтальном петлевом молокопроводе рассчитывается по формуле:

Репозиторий БГАТУ

$$\Delta P = 68000 \cdot \frac{q_м^2 \cdot \ell}{d^5}, \qquad (3.16)$$

где $q_м$ - поток молока, л/мин; l - длина молокопровода, м; d - внутренний диаметр молокопровода, мм.

Данное выражение рекомендуется для петлевых молокопроводов. Расчет проводится при соотношении свободного воздуха к молочному потоку, равном 6:1. В табл. 3.10 приведены максимально допустимые значения потока молока для труб с различными диаметрами и длинами. Приведенные данные соответствуют условию ΔР< 2 кПа. В табл. 3.11 длина трубы с уклоном равна половине общей длины молокопровода и потоку молока с уклоном равному половине значения общего потока молока.

Таблица 3.10 Максимальный поток молока с уклоном в петлевом, почти горизонтальном молокопроводе

Номинальный внутренний диаметр, d, мм	Максимальный поток молока q_{max}, л/мин							
	Длина молокопровода с уклоном, м							
	5	10	15	20	25	30	40	50
38	21	15	13	11	10	9	8	7
48,5	40	28	23	20	18	16	14	13
60	68	48	39	34	30	28	24	21

Исходя, из максимального значения потока молока 4 л/мин и интервала между подключениями доильных аппаратов 50 сек, в табл. 3.11 на основе данных табл. 3.10 приведены данные по максимальному числу доильных аппаратов.

Таблица 3.11 – Максимальное число доильных аппаратов для почти горизонтальных молокопроводов с уклоном в стойловых коровниках – максимальное (пиковое) значение потока молока при доении 4 л/мин

Номинальный внутренний диаметр d, мм	Максимальное число доильных аппаратов		
	Длина молокопровода с уклоном, м		
	20	30	50
38	3	2	1
48,5	[1](4)	4	3
60	[1]-	[1](8)	[1](5)

[1] Неограниченное количество доильных аппаратов. Значения в скобках показывают максимальное количество подсоединенных доильных аппаратов при среднем значении времени установки (подсоединения) 30 с.

3.6.4 Расчет вакуумных насосов

Объемная подача ротационного насоса зависит от площади AA_1B_1B камеры всасывания, длины ротора и частоты его вращения (рис. 3.49). Площадь AA_1B_1B является переменной величиной, зависящей от угла поворота ротора φ.

Роторные насосы, обычно, делают таким образом, чтобы в момент образования максимальной площади, она перекрывалась от всасывающего патрубка и открывалась в сторону нагнетания. Это происходит если длина дуги статора, перекрывающая межлопастное пространство, будет немногим больше угла между лопатками, а расстояние всасывающего и нагнетающего патрубков будет располагаться по оси, перпендикулярной оси эксцентриситета. Точное значение максимального и минимального межлопаточного объемов можно получить составив дифференциальное уравнение изменения площади межлопаточных секторов по углу поворота ротора φ и проинтегрировав его в соответствующих пределах.

Репозиторий БГАТУ

Эффективность работы ротационного насоса определяется разностью максимальной и минимальной площадями межлопастного пространства. Определим данный параметр для четырех лопастного насоса. Примем радиус статора при максимальном межлопаточном объеме равным:

$$R_1 = R + e, \tag{3.17}$$

где R – радиус (фактический) статора, м; e – эксцентриситет, м.

Тогда с некоторым превышением над фактической площадь сектора O_1CA можно определить по формуле

$$S_1 = \frac{\pi R_1^2 \beta}{2\pi}, \tag{3.18}$$

где β – угол между лопатками, град.

При четырех лопатках $\beta = \pi / 2$, тогда:

$$S_1 = \frac{\pi (R+e)^2}{4}. \tag{3.19}$$

Площадь сектора ротора $O_1C_1A_1$ также можно определить по формуле

$$S_1 = \frac{\pi r \beta}{2\pi}, \tag{3.20}$$

где r – радиус ротора, м.

Современные насосы изготавливаются с минимальным зазором (70…100 мкм) между ротором и статором. В таком случае можно считать, что $R - r = e$ или $r = R - e$, тогда:

$$S_2 = \frac{\pi (R-e)^2}{4} \tag{3.21}$$

Тогда максимального межлопаточного объема:

$$\Delta S_{мак} = S_1 - S_2 = \frac{\pi (R+e)^2}{4} - \frac{\pi (R-e)^2}{4} = \pi R e \tag{3.22}$$

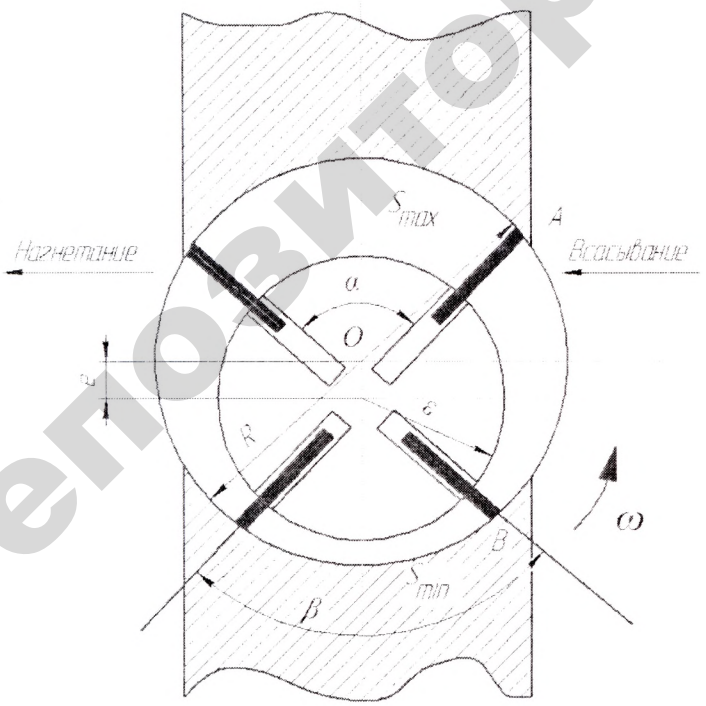


Рисунок 3.49 - Схема работы ротационного насоса

Репозиторий БГАТУ

Для *определения минимального межлопаточного объема* примем также с некоторым превышением центральный угол статора равным углу между лопатками ротора. Тогда максимальная межлопаточная площадь сектора с радиусом R:

$$S_3=\pi R^2/4 \text{ ,(3.23)}$$

и площадь сектора с радиусом r_p:

$$S_4 = \frac{\pi\, r_p^{\,2}}{4} = \frac{\pi\,(R-e)^2}{4} \quad (3.24)$$

Минимальная площадь между лопатками:

$$\Delta S_{min} = S_3 - S_4 = \frac{\pi\, R^{\,2}}{4} - \frac{\pi\,(R-e)^{\,2}}{4} = \frac{\pi\,(2Re-e^{\,2})}{4} \quad (3.25)$$

Эффективность работы насоса определяется разностью максимальной и минимальной межлопаточной площади:

$$\Delta S = \Delta S_{мак} - \Delta S_{min} = \pi\,(Re - \frac{(2Re-e^{\,2})}{4}) = \frac{\pi}{4}(2Re+e^{\,2}) \approx 0.785e(Д+e) \quad , \quad (3.26)$$

где$Д$ – диаметр статора, м.

Полезный объем межлопаточной камеры:

$$Vn = 0.785\, e(Д+e)L_{рот}, \quad (3.27)$$

где $L_{рот}$ – длина ротора, м.

При четырех лопатках и угловой скорости вращения ротора ω подача насоса составит:

$$Q_н = \frac{4V_n\omega_p}{2\pi} = 0,5e(Д+e)\,L_{рот}\ \ \omega_p \quad . \quad (3.28)$$

Отсюда следует, что теоретическая подача воздушного насоса прямо пропорциональна его геометрическим размерам *(e, Д, L)* и угловой скорости вращения ротора. Действительная производительность насоса:

$$Q_д = Q_н\eta_м\eta_н \text{(3.29)}$$

где $з_м$ – манометрический коэффициент, учитывающий условия вакуума:

$$\eta_м = \frac{p_a - h}{p_a} = \frac{p_h}{p_a} \quad , \quad (3.30)$$

в доильных установках разрежение составляет h= 47,66 кПа, тогда $\eta_м$= 0,52…0,32.

$\eta_н$ – коэффициент заполнения камеры, зависит от конструкции насоса и частоты его вращения. Он может колебаться в довольно широких пределах, $\eta_н$=0,3…0,9.

При известной подаче насоса и разрежении в доильных установках, мощность на привод насоса можно определить по формуле

$$N_н = \frac{Q_н\, h}{\eta} \text{ .(3.31)}$$

Таким образом, задав технологические условия можно рассчитать конструктивные параметры роторного насоса.

Подача *ротационного лопастного вакуумного насоса* составляет

$$Q_T = (\pi D - \delta z)eLn\eta_м, \quad (3.32)$$

где D – диаметр статора, м; δ – толщина лопатки, м; z – число лопаток; e – эксцентриситет, м, $e=(D-d)/2$; d – диаметр ротора, м; L – длина ротора, м; n – частота вращения ротора, с$^{-1}$; $\eta_м$ – манометрический коэффициент, учитывающий изменение подачи насоса в зависимости от величины разряжения в системе $\eta_м = (P_a - h)/P_a$; P_a – атмосферное давление, Па; h – разряжение вакуумной системы, Па.

Мощность электродвигателя, потребляемая приводом вакуумного насоса, определяется по формуле

Репозиторий БГАТУ

$$N = \frac{2\pi n M_{\max}}{\eta_{\text{пр}}}, \tag{3.33}$$

где $M_{\max}$ – максимальный крутящий момент, обусловленный сопротивлением всасывания, Нм, $M_{\max} = heDL$; $\eta_{\text{пр}}$ – КПД вакуумной установки ($\eta_{\text{пр}}$ = 0,75…0,85).

Расчет ротационного водокольцевого насоса ведут по исходным данным: быстрота действия (подача) – S (м^3/с); давление всасывания – P (МПа); давление нагнетания – $P_н$ (МПа); температура откачивания – T = 293 К; рабочая жидкость – вода; температура воды на входе – 288 К; откачиваемый газ – воздух.

Определяем геометрический объем, м^3/с

$$S_{\Gamma} = \frac{S}{\lambda}, \tag{3.34}$$

где λ – коэффициент откачки, принимают λ = (0,6...0,8).

Определяем расчетный наружный радиус r_2 (рис. 3.50) колеса

$$r_2 = \sqrt{\frac{2S_{\Gamma}}{\psi u_2 \chi\left(1-\nu^2\right)}}, \tag{3.35}$$

где ψ – коэффициент, учитывающий влияние толщины лопаток, для литых колес ψ = 0,65…0,85, для сварных колес с лопатками из листовой конструкционной стали ψ = 0,85…0,9; u_2 – окружная скорость на периферии колеса, для воды принимается u_2 = 16 м/с; $\chi = b_0/r_2$ – относительная ширина колеса, χ = 1,5…2,2; $\nu = r_1/r_2$ – отношение среднего радиуса ступицы колеса к наружному радиусу колеса, ν = 0,4…0,55; b_0 – длина колеса, м.

Определяем расчетную частоту, n (с$^{-1}$), вращения вала насоса, $n = u_2/2\pi r_2$.

Принимаем частоту $n_{\text{в}}$, с$^{-1}$, вращения вала насоса в соответствии с действительной частотой вращения двигателя.

В соответствии с принятой $n_{\text{в}}$, с$^{-1}$, уточняем ν, u_2 и r_2.

Относительный зазор $\delta = \Delta/r_2$ принимают в пределах δ = 0,011…0,03. Откуда зазор (см. рис. 3.50) между колесом и корпусом $\Delta = \delta r_2$, м.

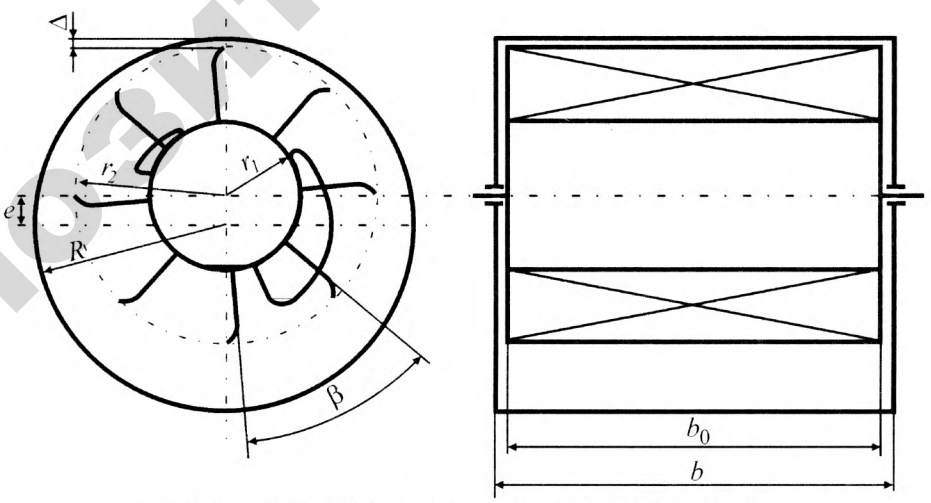


Рисунок 3.50 - Расчетная схема вакуумного насоса

Принимают отношение длины b корпуса к длине b_0 колеса $b/b_0 = 1{,}03...1{,}05$.

Относительный эксцентриситет

Репозиторий БГАТУ

$$\varepsilon = e/r_2 = 0{,}145\ldots0{,}125, \tag{3.36}$$

где е – эксцентриситет, м.

Внутренний радиус R, м, корпуса определяют из выражения

$$R = (2r_2 + \Delta + 2e)/2. \tag{3.37}$$

Оптимальное число лопаток

$$z_{\text{опт}} = \pi\sqrt{R(1-k)^2/3S_{\text{л}}},$$

где k – коэффициент, определяемый по выражению $k = e/R$; $S_{\text{л}}$ – толщина лопатки, $S_{\text{л}}$ = 0,004…0,008 м.

Уточняем геометрический объем $S_{\text{г}}$.

$$S_{\text{г}} = \pi r_2^2 b_0 \psi (1-\nu^2) n \tag{3.38}$$

и быстроту действия

$$S = S_{\text{г}}\lambda.$$

Число лопаток принимаем по быстроте действия: при S = 3…10 м^3/мин, число лопаток z = 8…12; при S > 3 – z = 12…20.

Изотермическая мощность $N_{\text{из}}$, кВт

$$N_{\text{из}} = PS_{\text{г}} \ln\frac{P_{\text{н}}}{P}. \tag{3.39}$$

Эффективная мощность N_e, кВт, на валу насоса

$$N_e = \frac{N_{\text{из}}}{\eta_{\text{из}}}, \tag{3.40}$$

где $\eta_{\text{из}}$ = 0,3…0,4 – изотермический КПД колеса.

Расход воды, $Q_в$, принимается исходя из быстроты действия S:

S, м^3/с	0,75	1,5	3	6	12	25	50	150	300
$Q_в$, дм^3/с, не более .	0,05	0,15	0,2	0,25	0,5	1	1,5	8	12

Основными параметрами шестеренчатой машины являются следующие:

а) производительность, или расход вещества (жидкости или газа);

б) мощность, или момент сопротивления (для двигателей - момент вращения);

в) режим работы, включающий в себя создаваемое давление, скорость вращения, температуру и др.

Для создания и поддержания стабильного вакуума в системе используется вакуумные насосы "Аламо" (рис. 3.51). Молокопровод и линия вакуума имеют сечение три дюйма по всей длине, без гибких концов и узких соединений. Для уменьшения влияния на глубину вакуума в молокоприемнике от привода кормушек и ворот в системах "SURGE" установлены ресиверы большой емкости и насосы со значительным резервом мощности.

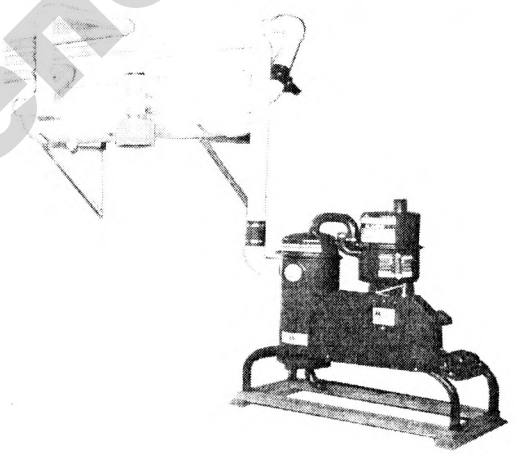


Рисунок 3.51 - Вакуумная установка "Аламо"

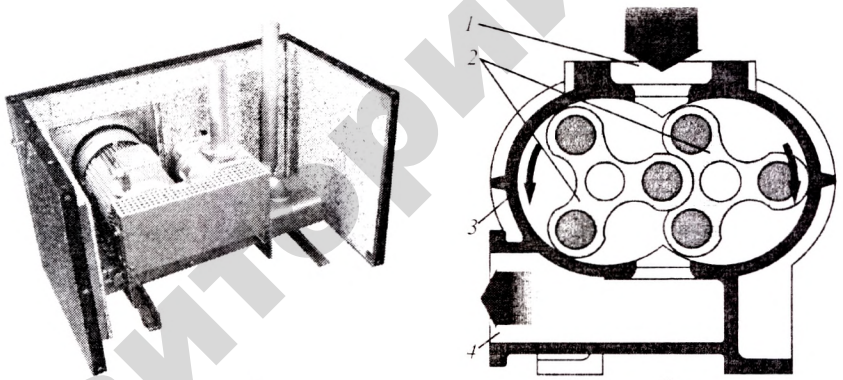
Репозиторий БГАТУ

Вакуумные насосы SACCO имеют автоматическую систему смазки ротора и подшипников. Некоторые технические характеристики вакуумных насосов SACCO представлены в табл. 3.12.

Таблица 3.12 - Некоторые технические характеристики вакуумных насосов SACCO

Вакуумный насос			Электродвигатель		ремень	
Тип	Производительность, л/мин при 50 кПа	Частота вращения ротора, $мин^{-1}$	Мощность, кВт	Диаметр шкива, мм	Тип	Кол-во
SACCO 350	170	1175	0,55	85	A-38	1
	225	1465	0,75	106	A-40	1
	350	2115	1,10	150	A-40	1
SACCO 600	450	1070	1,10	100	A-40	1
	600	1410	1,50	132	A-42	1
SACCO 1000	650	800	1,50	75	A-40	2
	850	1085	2,20	100	A-40	2
	960	1215	2,20	112	A-42	2
SACCO 1600	950	850	2,20	75	A-40	2
	1350	1130	3,00	106	A-42	2
	1600	1340	4,00	125	A-42	2

Вакуумные насосы кулачкового типа UNI PUMP (рис. 3.52) экологически безопасны, не требуют смазки роторов и монтируются в звукоизоляционном контейнере с легкосъемными панелями.



а) б)

Рисунок 3.52 - Вакуумный насос UNI PUMP:
а – общий вид вакуумной установки; б – устройство насоса;
1 – вход; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – выход

Основные технические характеристики вакуумных насосов UNI PUMP представлены в табл. 3.13.

Таблица 3.13 - Основные технические характеристики вакуумных насосов UNI PUMP

Тип насоса	1500	1950	2500	4000
Производительность, л/мин	1500	1950	2500	4000
Частота вращения ротора, $мин^{-1}$	2850	3500	2500	4000
Мощность двигателя, кВт	4	5,5	7,5	11
Частота вращения электродвигателя, $мин^{-1}$	2800	2800	2800	2800
Уровень шума без контейнера, дБ	70	72	73	76
Размеры, мм	1060×680×715			
Масса (без двигателя), кг	112	112	118	153

Репозиторий БГАТУ

Вакуумные водокольцевые насосы WATERRING PUMP работают по принципу жидкого кольца, не требуют смазки, имеют низкий уровень шума и исключают загрязнение окружающей среды. Основные технические характеристики насосов WATERRING PUMP представлены в табл. 3.14.

Таблица 3.14 - Некоторые технические характеристики вакуумных насосов WATERRING PUMP

Производительность, л/мин	850	1200	1600	2100
Мощность, кВт	3,85	4,0	5,5	7,5
Уровень шума, дБ	75	75	74	76

Техническая характеристика вакуумных насосов Maxivac фирмы GascoineMelotte представлены в табл. 3.15.

Таблица 3.15 - Технические характеристики вакуумных насосов Maxivac фирмы GascoineMelotte

Показатель	Марка вакуумной установки		
	Maxivac 3	Maxivac 4	Maxivac 5
Рама: горизонтальная вертикальная	*	* *	*
Диаметр выхлопного порта	1 1/2″	2″	3″
Диаметр вакуумного порта	1 1/2″	2″	90 мм
Расход воздуха л/мин при P = 50 кПа	650…1000	1300…1800	2400…3400
Частота вращения, мин$^{-1}$	760…1120	850…1120	720…960
Мощность, кВт	1,5…2,2	3…4	5,5…7,5

3.7 Доильные установки

Среди процессов по обслуживанию животных на ферме особое место можно уделить доению коров. Доильная машина непосредственно взаимодействует с организмом коровы, с ее сложной рефлекторно-секреторной системой. От того, на сколько доильное оборудование учитывает физиологические особенности животного организма, на сколько своевременно и оперативно проводятся операции доения коровы, можно судить об уровне технологической и технической культур на ферме.

3.7.1 Классификация доильных установок

Доильные установки классифицируют по конструкции и назначению, способу доения (под способом доения понимается различия в организации доения). В классификации Мельникова С.В. в качестве основного признака принято взаимное расположение и перемещение коровы и доильного аппарата.

Цой Ю.А. предлагает разделить доильные установки на классы по способу организации обслуживания животных при доении.

Одна из главных функций доильной установки - организация обслуживания животных при доении, от чего зависит и сам поток животных на выходе. Классификация и технологические схемы доильных установок представлены соответственно на рис. 3.53 и в табл. 3.16.

Репозиторий БГАТУ

По организации производственного процесса выпускаются доильные установки следующих типов: для доения в стойлах со сбором молока в переносные ведра (АД-100Б; ДАС-2Б); для доения в стойлах со сбором молока через молокопровод в общую емкость (АДМ-8А; УДМ-200); для доения на пастбищах и площадках со сбором молока в общую емкость (УДС-3Б; УДЛ-Ф-12; К-Р-10); для доения в доильных залах со сбором молока в общую емкость ("Тандем"; "Елочка"; "Карусель"; "Параллель"), для доения в передвижные доильные установки со сбором молока в доильное ведро (УДП-1; АИД-2; УДИ-1).

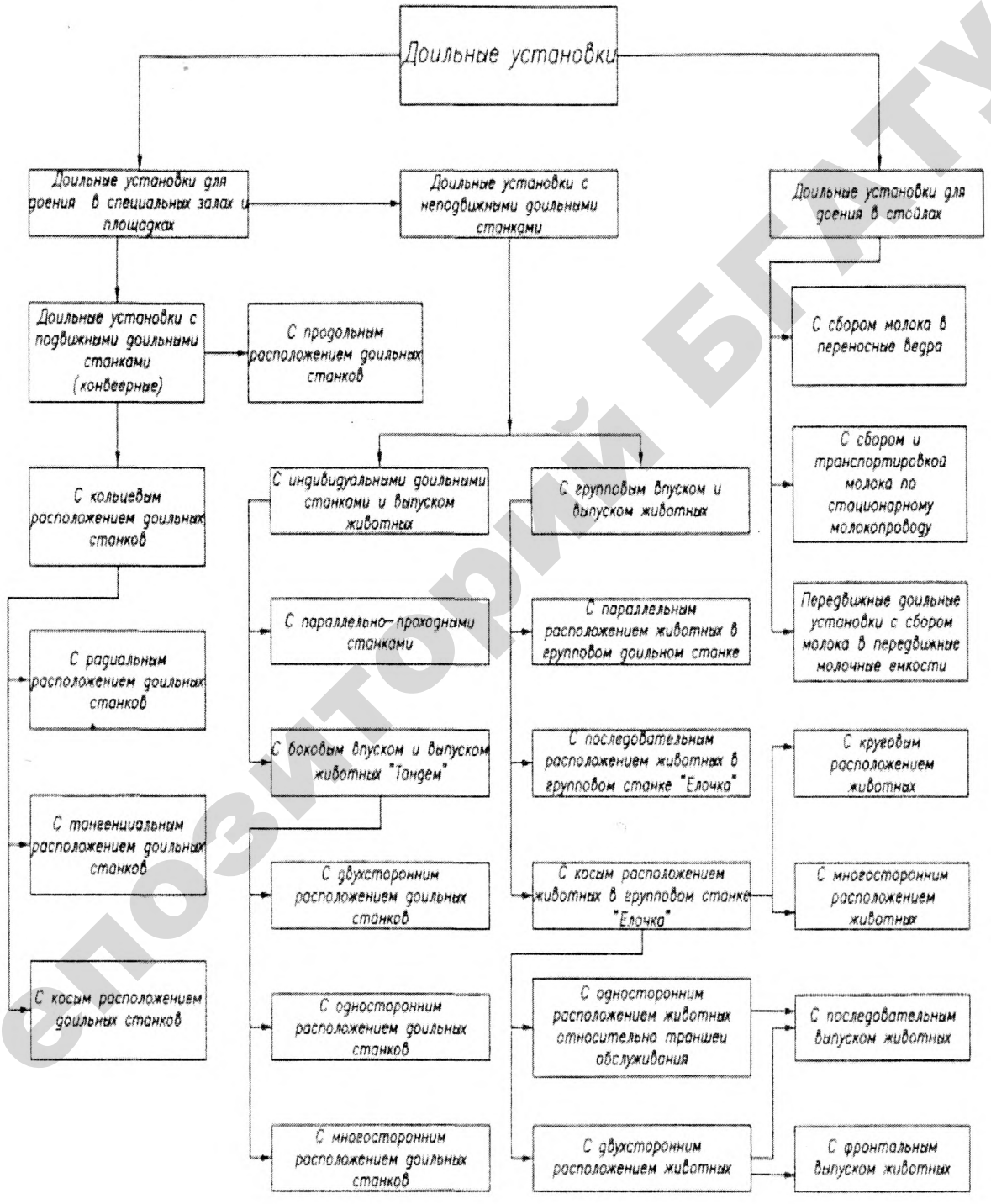
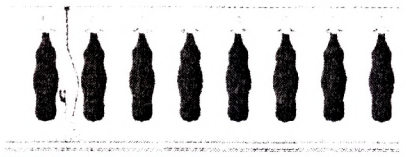
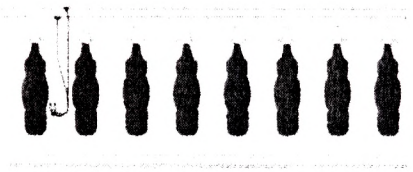
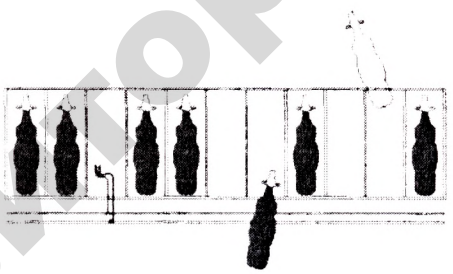
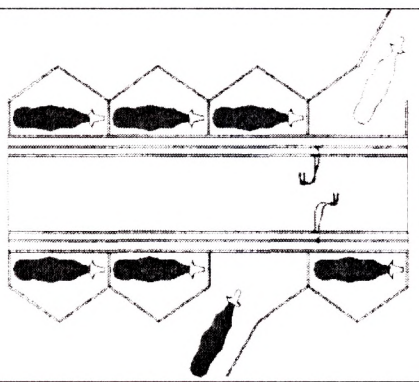


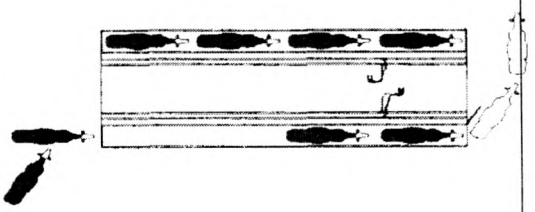
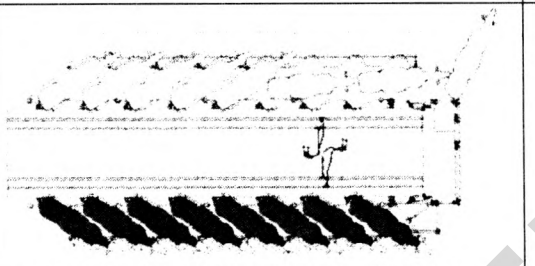
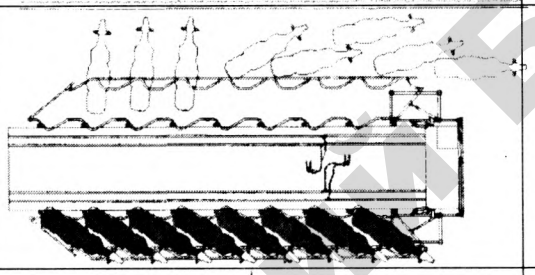
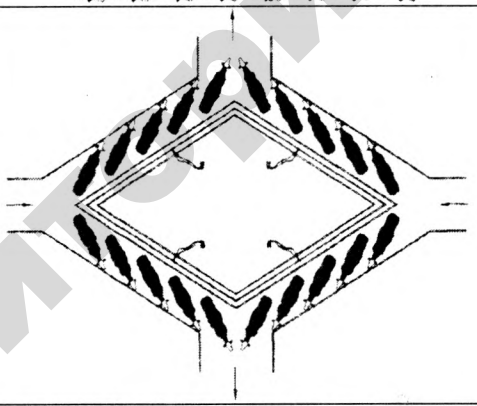
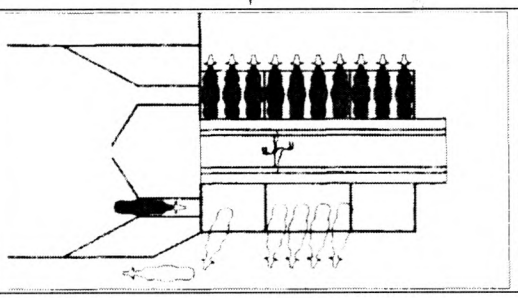
Рисунок 3.53 Классификация доильных установок

Репозиторий БГАТУ

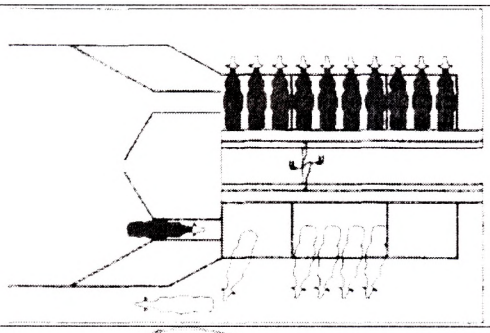
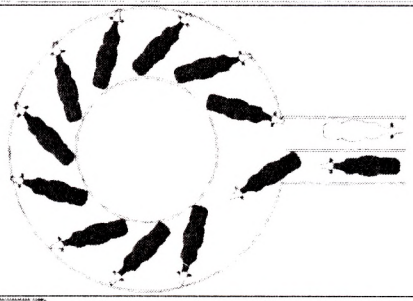
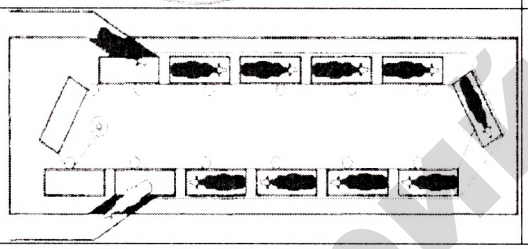
Таблица 3.16 Технологические схемы доильных установок

Тип доильной установки			Технологическая схема	Производительность одного оператора, коров/ч
Доильные установки для доения в стойлах	с переносными ведрами			15…18 число доильных аппаратов на одного оператора 2…3
	со стойловым молокопроводом			23…30; 32-37 (с автоматом снятия доильных стаканов) число доильных аппаратов на одного оператора 3…4
	Передвижная доильная установка			18…24; число доильных аппаратов на одного оператора 2…4
Доильные установки для доения в доильных залах и площадках	С индивидуальным впуском и выпуском	с параллельно-проходными станками		25…30 (без оператора по подгону скота); число скотомест 8…16
		«Тандем» с боковым впуском и выпуском коров		30…35; 55-60 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 6…12

Репозиторий БГАТУ

	С групповыми	с проходным групповым станком и последовательным расположением животных		36…37; 50-60 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 6…12
Доильные установки для доения в доильных залах и площадках		«Елочка» с последовательным выпуском животных		40…45; 50-70 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 8…24
		«Елочка» с фронтальным выходом		С автоматом снятия 53 (2x10) 58 (2x12) Число скотомест 20…40
		«Елочка» с 4-х сторонним расположением групповых доильных станков («Полигон»)		45…50; 70-80 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 16…32
		С параллельным расположением животных в групповом станке и выходом на одну сторону («Параллель»)		54…70 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 20…40

Репозиторий БГАТУ

	(«Параллель») с выходом на две стороны		54…70 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 20…60
	Конвейерная кольцевая доильная установка «Карусель»		35…45; 55-75 (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 9…76
	Конвейерная кольцевая доильная установка типа «Юнилактор»		50…60 (теорет.); (с автоматом снятия доильных стаканов); число скотомест 17…35

По способу организации процесса обслуживания животных станочные доильные установки можно разделить на два класса:

1) установки с индивидуальным впуском и выпуском животных в доильные станки. Животные в доильных станках установок этого подкласса располагаются либо параллельно, либо последовательно. Доильные станки с параллельным расположением животных получили название параллельно-проходных. Примером могут служить отечественные доильные установки УДМ-8, УДС-3А.

2) установки с групповым впуском и выпуском животных. Животных в доильных установках этого типа располагают последовательно вдоль оси доильного станка (проходные установки «Тандем») или под углом к оси (установки «Елочка»).

Станочные доильные установки для доения в специальных залах и на площадках применяют при беспривязном и привязном содержании. Станки, в которые помещают животных, могут при доении оставаться на месте или перемещаться вместе с животными.

3.7.2 Доильные установки АД-100 Б И ДАС-2В

Доильные установки АД-100Б, ДАС-2В и УДС-В (рис. 3.54) предназначены для машинного доения коров в переносные доильные ведра при привязном содержании коров. Он состоит из девяти доильных аппаратов, вакуум-провода (трубопроводов 1″ и $1^1/_2$″), тележки для перевозки фляг, устройства промывки, шкафа запасных частей, вакуумной установки (УВУ-60/45). Доильный агрегат обслуживают четыре дояра с двумя доильными аппаратами каждый. Технологический процесс работы доильного агрегата состоит из следующих операций: а) подготовка к доению; б) доение; в) транспортировка молока в молочное отделение; г) промывка и дезинфекция доильного аппарата.

Устройство промывки предназначено для циркуляционной (с поступательно-возвратным движением раствора) промывки молокопроводящих путей доильного аппарата, крышки и до-

Репозиторий БГАТУ

ильного ведра. Состоит из пластмассового ведра (емкость 10…12 л), насадки, разбрызгивателя, коллектора, пульсоусилителя, пульсатора, клапана.

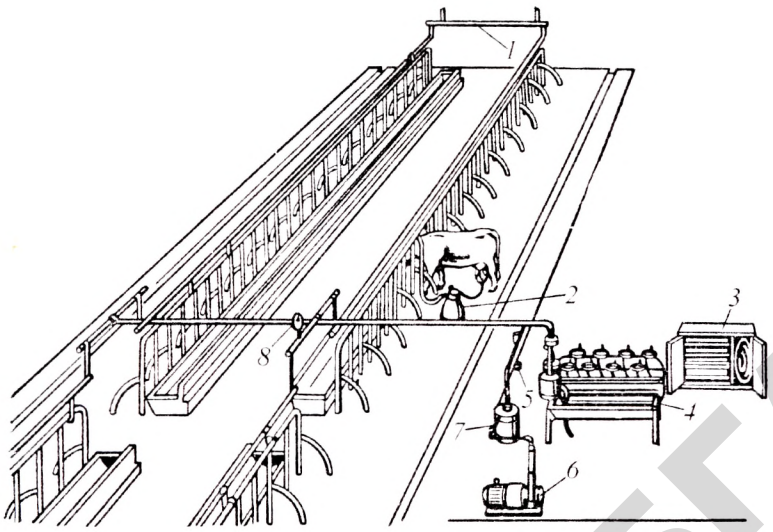


Рисунок 3.54 - Доильные установки со сбором молока в доильные ведра (АД-100Б, ДАС-2В и УДС-В):
1 – вакуум-провод; 2 – доильный аппарат; 3 – шкаф для хранения сосковой резины и запасных частей; 4 – установка для промывки аппаратов; 5 – вакуум-регулятор; 6 – вакуумная установка; 7 – вакуум-баллон; 8 – вакуумметр

Доильная установка ДАС-2В предназначена для тех же целей, что и установка АД-100Б. Отличие состоит в том, что ДАС-2В комплектуется унифицированными доильными аппаратами АДУ-1 и вакуумными насосами УВУ-60/45.

Доильная установка УДС-В отличается от установок ДАС-2В и АД-100Б наличием водокольцевой вакуумной станции СН-60А; вместо четырех пластмассовых ведер установок АД-100Б и ДАС-2В для промывки доильных аппаратов в установке УДС-В используются две металлические ванны из нержавеющей стали.

Техническая характеристика доильных установок для доения в доильные ведра представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17 - Техническая характеристика доильных установок для доения в переносные ведра

Показатели	Марка доильной установки		
	АД-100Б	ДАС-2В	УДС-В
Обслуживаемое поголовье, гол.	100	100	100
Количество дояров, чел.	4	3…4	3
Количество доильных аппаратов, которыми одновременно может работать один дояр	3	2…3	2…3
Производительность, коров/ч	15	15…20	20
дояра	60	60…72	60
установки			
Марка доильного аппарата	"Волга"	АДУ-1	"Волга"
Вакуумметрическое давление в вакуум-проводе, кПа	53	45	48

Репозиторий БГАТУ

3.7.3 Доильный агрегат АДМ-8А

Доильный агрегат АДМ-8А предназначен для машинного доения коров в стойлах, транспортировки выдоенного молока в молочное помещение, пропорционального разделения выдоенного молока между доярами, фильтрации, охлаждения и сбора его в резервуар. Доильный агрегат АДМ-8А-2 предназначен для обслуживания 200 коров, а АДМ-8А-1 – для 100 коров, исполнение 06 – для обслуживания до 100 голов на малых фермах с механизированной промывкой молокопроводящих путей и устройствами подъема ветвей молокопровода и группового учета молока, АДМ-8А-1 исполнение 05 – для обслуживания до 100 голов на малых фермах с механизированной промывкой молокопроводящих путей без устройств группового учета молока и подъема ветвей молокопровода.

Состоит (рис. 3.55) из двух установок 18 (УВУ-60/45); вакуум-провода 1 с арматурой, вакуум-баллоном и регуляторами; доильных аппаратов АДУ-1 (двухтактная модификация); стеклянного молокопровода 3; групповых счетчиков надоя молока 15; молокосборника 13 с воздухоразделителем; молочного насоса 12 (НМУ-6); фильтра молока 14; охладителя молока 16; устройства 4 для подъема концевых петель молокопровода; совмещенного молочно-вакуумного крана для одновременного подключения (отключения) доильного аппарата к молокопроводу и вакуумной линии; индивидуальных счетчиков зоотехнического учета молока 8 (УЗМ-1А); установки для полуавтоматической промывки оборудования 10; шкафа управления; шкафа запасных частей 17; комплектов инструментов; монтажных и запасных частей.

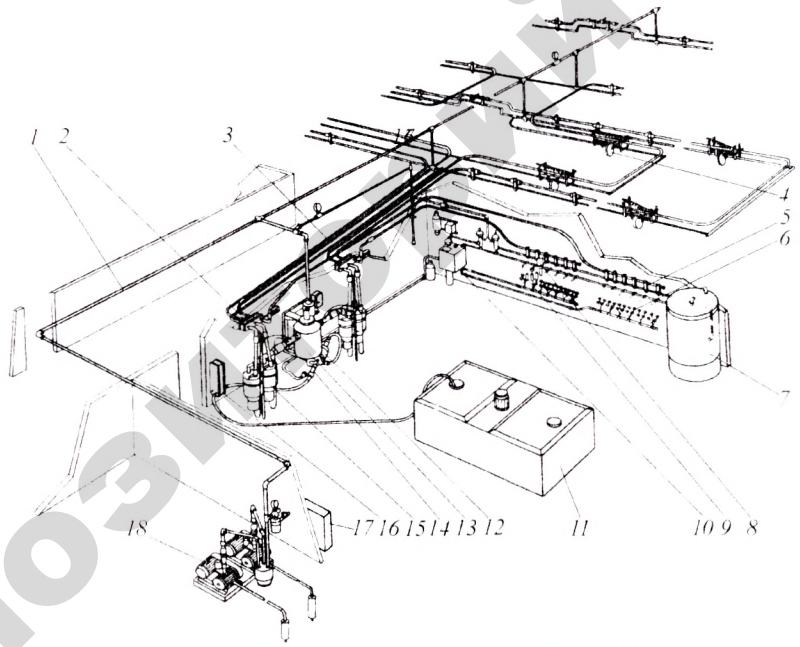


Рисунок 3.55 - Доильный агрегат АДМ-8А:
1 – вакуумпровод; 2 – переключатель; 3 – молокопровод; 4 – устройство подъема; 5 – вакуумно-молочный кран; 6 – устройство промывки; 7 – электроводонагреватель; 8 – устройство зоотехнического учета молока (УЗМ-1А); 9 – доильная аппаратура; 10 – автомат промывки; 11 – резервуар молока; 12 – молочный насос; 13 – молокоприемник; 14 – фильтр; 15 – дозатор молока; 16 – охладитель молока;17 – шкаф запасных частей; 18 – установка вакуумная УВУ-60/45А

Молокоприемник предназначен для разделения молоковоздушной смеси и выведения молока или моющего раствора из под вакуумметрического давления.

Режимом работы системы автоматической промывки управляет командный прибор, подающий команды через клапанную коробку (электромагнитные клапаны) на исполнительные механизмы: дозирующие колбы и силовые камеры кранов.

Репозиторий БГАТУ

Для автоматического учета молока предназначен групповой счетчик молока объемного типа СМГ-1 (АДМ-52.000-01).

Устройство зоотехнического учета молока УЗМ-1А предназначено для измерения количества молока при зоотехническом контроле удоя от 1 до 15 кг от одной коровы и отбора молока для определения его качества при доении на доильных установках при температуре окружающего воздуха от +5°С до +40 °С. Цена деления шкалы мензуры 0,1 кг.

Работа доильного агрегата включает следующие этапы: подготовку доильной установки к доению, подготовку вымени к доению и установке доильных аппаратов на соски; доение; измерение количества молока, выдоенного от каждой коровы (при контрольных дойках); транспортирование молока в молочное отделение, измерение молока, надоенного от 50 коров; фильтрацию и охлаждение молока; подачу молока в емкости для хранения; промывку и дезинфекцию доильной установки.

Схема работы доильного агрегата при доении представлена на рис. 3.56, а.

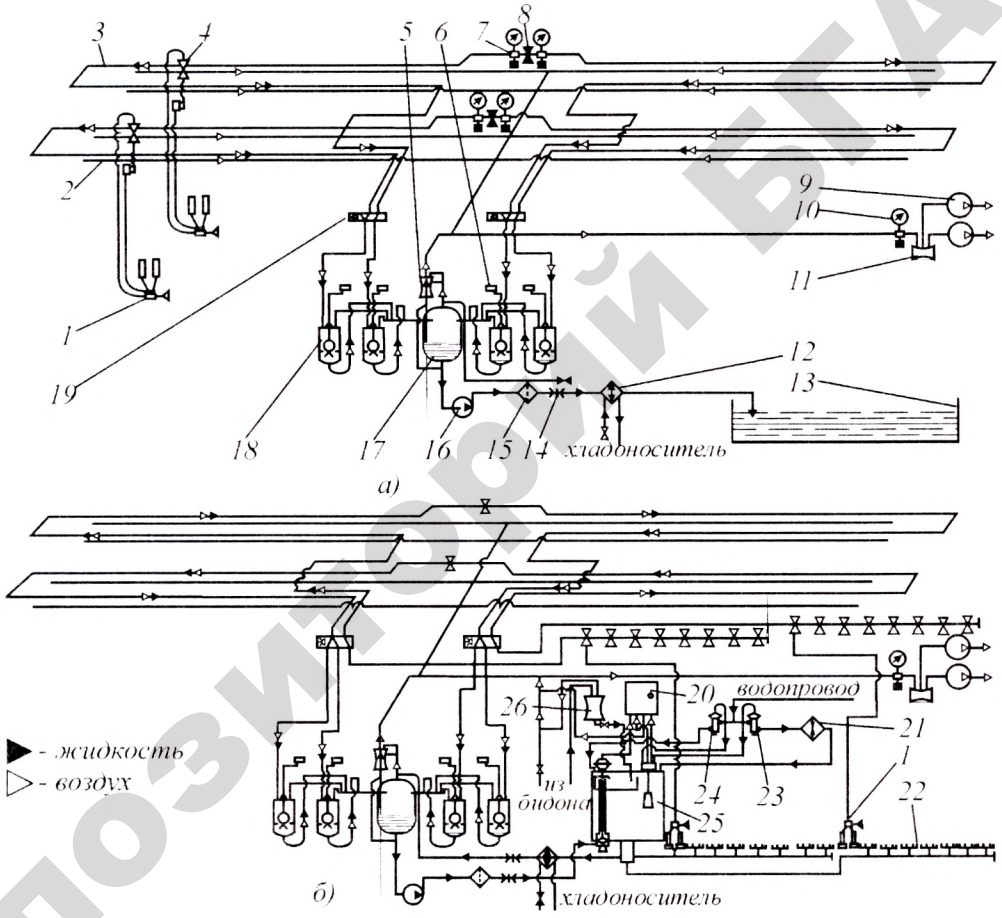


Рисунок 3.56 - Схема доильного агрегата АДМ-8А:
а – в режиме доения; б – в режиме промывки:
1 – доильный аппарат; 2 – вакуумпровод; 3 – молокопровод; 4 – молочновакуумный кран; 5 – предохранительная камера; 6 – сумматор; 7 – главный вакуумрегулятор; 8 – разделитель; 9 – вакуумный насос; 10 – вакуумметр; 11 – вакуумный баллон; 12 – охладитель молока; 13 – резервуар молока; 14 – муфта; 15 – фильтр; 16 – молочный насос; 17 – молокоприемник; 18 – дозатор молока; 19 – переключатель; 20 – автомат промывки; 21 – электроводонагреватель; 22 – моечная головка; 23 – клапан горячей воды; 24 – клапан холодной воды; 25 – бак; 26 – дозатор моющего концентрата

Репозиторий БГАТУ

Для поддержания в молокопроводе постоянного уровня разряжения величиной 50 кПа служат главные вакуум-регуляторы 7. Вакуум-регулятор крепится на вакуум-проводе и присоединяется к молокопроводу при помощи резинового или полихлорвинилового шланга. В стакан главного вакуум-регулятора заливается растительное масло, в остальные – моторное. Работа регулятора при пониженном или повышенном уровне масла, а также применение других сортов масла категорически воспрещается. Для контроля величины подсоса воздуха через вакуум-регулятор служит индикатор. Оптимальный режим транспортирования молока достигается при показании индикатором величины подсоса воздуха в пределах 5...7 нм^3/с (между первым и вторым делениями).

Схема работы агрегата при промывке молокопровода и доильного оборудования представлена на рис. 3.56, б.

Основные технические данные агрегатов АДМ-8А представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18 - Технические данные доильных агрегатов АДМ-8А

Наименование показателя и единица измерения	Значение	
	АДМ-8А-2	АДМ-8А-1
Пропускная способность за 1 ч сменного времени при условии обслуживания агрегата доярами V категории, соответствия коров "Правилам машинного доения" и наличия в стаде не более 10 % коров с продолжительностью доения более 8 мин., корово доек/ч, не менее	112	56
Максимальная величина обслуживаемого стада, коров	208	104
Максимальное количество одновременно доящихся коров	16	8
Максимальное количество мест подключения доильных аппаратов, шт.	104	52
Масса, кг	2700	1350
Установленная мощность, кВт	8,75	4,75
Максимально допустимая длина петли молокопровода закольцованной линии (от молочной до молочной), м	200	
Число вакуумных насосов, шт	4	2
Производительность одного дояра, коров/ч	22*…29**	22*…29**
Численность обслуживающего персонала, человек	4	2

* – При работе с двумя аппаратами.

** – При работе с тремя аппаратами.

3.7.4 Доильная установка УДМ-200

НПП "Фемакс" предлагает новую отечественную *доильную установку УДМ-200*, как альтернативу импортным молокопроводам.

В комплект поставки УДМ-200 входят: молокопровод 1 из нержавеющей стали 52×1; вакуумпровод 4 (рис. 3.57) из оцинкованной трубы d_y40; совмещенный молочно-вакуумный кран 16, унифицированный с серийным краном; монтажные кронштейны 2; молокоприемный узел 12; молочная арматура 11 с пыжеулавливателем; электронный автомат промывки 6; многоразовый фильтр 10; стенд для промывки доильных аппаратов 8;молокопроводная арка 5 с устройством подъема; магистральный вакуумпровод 3 из ПВХ-труб d_y75; водокольцевая вакуумная установка 14; промывочная труба 7; устройство для управления молочным насосом и группового учета молока 13.

По желанию заказчика может комплектоваться отечественными или импортными доильными аппаратами 15 и охладителем 9. Установка может монтироваться как при стойловом оборудовании, так и на подвесных элементах, закрепленных на строительных конструкциях.

Репозиторий БГАТУ

Для крепления молочных и вакуумных труб разработан кронштейн, позволяющий регулировать расположение труб как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Молокопровод состоит из двух закольцованных молоковакуумных линий, каждая из которых обеспечивает доение двух рядов коров численностью 100 голов. Для проезда тракторов и кормораздатчиков торцевые участки молокопровода над проездами выполнены в виде поворотных арок с ручным подъемом с помощью шнура, перекинутого через блоки.

Для учета молока установка комплектуется *учетно-транспортирующим блоком УТБ-50* (рис.3.58).

УТБ-50 содержит соединенную с молокопроводом 1 приемную камеру 4, которая через обратный клапан 6 сообщается с измерительной камерой 5.

Измерительная камера молочным шлангом 2 с обратным клапаном 7 соединена с транспортным молокопроводом 15, расположенным над кормовыми проездами с уклоном в молочную. Измерительная камера 5 соединена также с воздушным (атмосферно-вакуумным) клапаном 11, который подключен к центральному штуцеру приемной камеры 4, а управляющая камера которого присоединена к электромагнитному пневмоклапану9 (КЭБ-420), установленному в блоке управления 8.

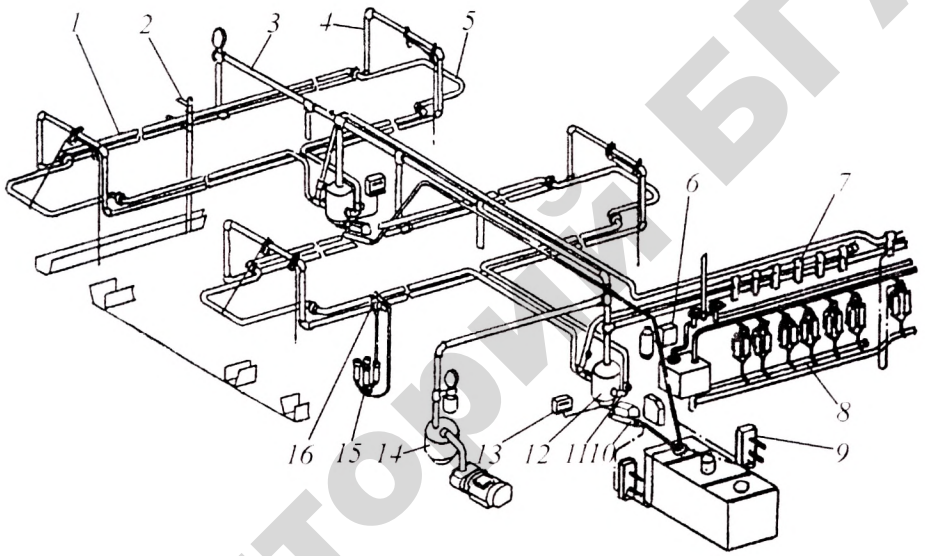


Рисунок 3.57 - Доильная установка УДМ-200:
1 – молокопровод; 2 – монтажные кронштейны; 3 – вакуумпровод; 4 – вакуумпровод; 5 – молокопроводная арка; 6 – электронный автомат промывки; 7 – промывочная труба; 8 – стенд промывки доильных аппаратов; 9 – охладитель; 10 – молочный фильтр; 11 – молочная арматура; 12 – молокоприемный пункт; 13 – устройство управления молочным насосом и группового учета молока; 14 – водокольцевая вакуумная установка; 15 – доильные аппараты; 16 – молочно-вакуумный кран

В измерительной камере установлен поплавковый датчик уровня 13 с двумя магнитоуправляемыми герконами соответственно для верхнего и нижнего уровня молока. Объем молока от нижнего до верхнего уровня составляет 1 л. Датчик уровня 13 электрически связан с блоком управления 8, в состав которого входит электромагнитный пневмоклапан9 (КЭБ-420), дисплей для индикации надоя, кнопки управления (ручная откачка молока, сброс показания). Отдельно в молочной имеется тумблер «доение - промывка». Блок управления соединен с вакуумпроводом и блоком питания (24 В).

Шланг откачки 2 через тройник соединен с промывочным пневмоклапаном3, соединенным с центральным штуцером приемной камеры. На входе центрального штуцера в камеру 4 установлен разбрызгивающий диск. Пневмоклапан3 управляется электромагнитнымпневмоклапаном16, присоединенным к вакуумпроводу14 и блоку управления 8.

Репозиторий БГАТУ

При отказе электронного блока управления 8, управление работой воздушного клапана 11 осуществляется путем подключения пульсатора ДД-4-1М.

По сравнению с серийным агрегатом АДМ-8А в 3 раза сокращено количество стыков, обеспечен стабильный вакуумный режим, увеличена надежность и сокращена трудоемкость обслуживания и ремонта. Установка соответствует европейским стандартам.

Молокоприемный узел имеет стеклянный молокоопорожнитель MS 8800 BO1, молочный насос НМУ-6, устройство для управления им и группового учета молока, молочный фильтр многоразового использования, соединительную арматуру, подводящую промывочную трубу с шиберным краном, устройство для ввода и выемки очищающей губки. Фильтр соединен с напорным молокопроводом диаметром 25×1,5 мм, по которому молоко попадает в резервуар.

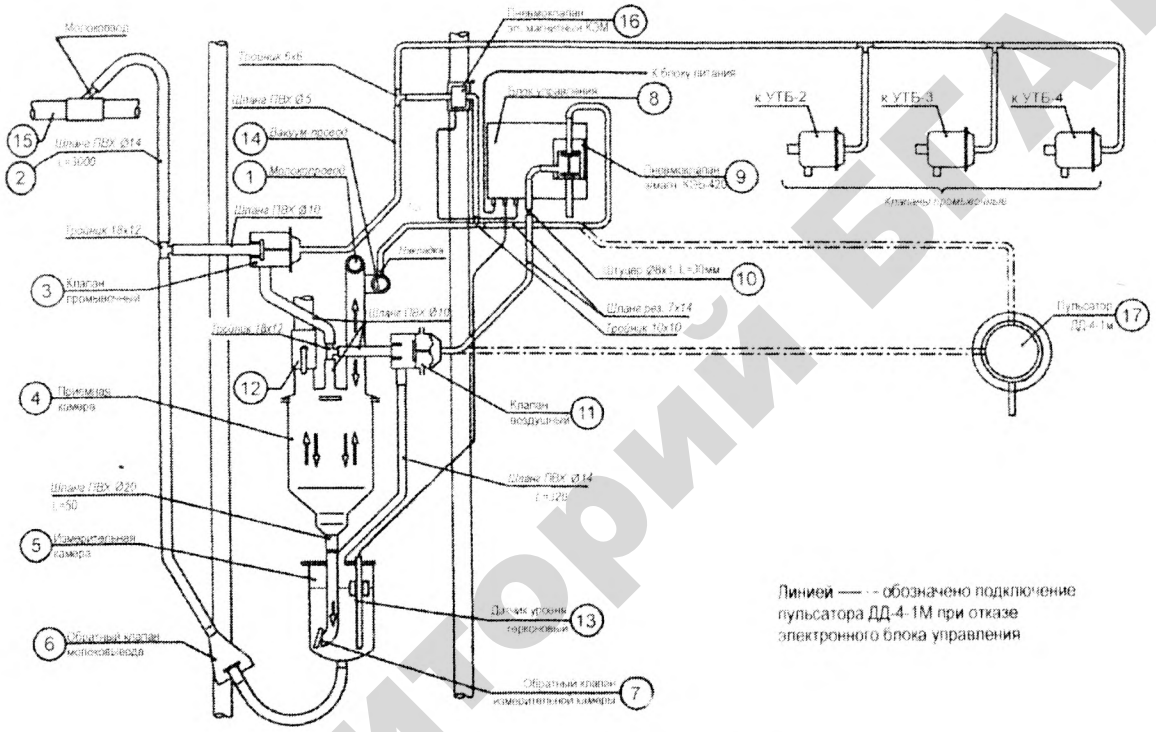


Рисунок 3.58 Принципиальная схема учетно-транспортирующего блока УТБ-50

Установка имеет совмещенные унифицированные молоковакуумные краны, к которым подключаются доильные аппараты. Предусмотрена возможность использования доильных аппаратов отечественного и импортного производства.

Вакуумная установка может комплектоваться бессмазочным насосом типа "Рутс" или водокольцевыми насосами.

Для обеспечения санитарной обработки имеется устройство промывки с электронным автоматом, который обеспечивает работу по двум программам: преддоильное ополаскивание и циркуляционную промывку установки с использованием жидких моюще-дезинфецирующих средств.

Автомат промывки "Турбостар" фирмы Вестфалия контролирует подачу и распределение моющих и дезинфицирующих растворов, обеспечивает более качественную промывку всех узлов и трубопроводов доильного агрегата за счет активации воздействия моющих растворов путем создания воздушных пробок и компенсации теплопотерь моющего раствора при промывке подогреванием.

Применение фильтров, обезжелезивателя и умягчителя воды (марок PRS-24BFA100 или GTS-24W-8000) обеспечивают более эффективную промывку, исключают отложение солей

Репозиторий БГАТУ

жесткости на молокопроводящих путях доильной установки, образование "молочного камня", продлевают срок эксплуатации вакуумной установки.

Технологический процесс доения и организация работы на доильной установке УДМ-200 аналогична установке АДМ-8А.

3.7.5 Низковакуумная доильная установка

Предназначена для использования на любых доильных установках с молокопроводом. При внедрении низковакуумных доильных установок (НВС) на установках со стойловым молокопроводом существенно упрощается конструкция и эксплуатация серийных агрегатов АДМ-8А и ДАС-2Б. Она комплектуется низковакуумным доильным аппаратом АДН-1 и вакуумным регулятором.

Коллектор низковакуумной доильной установки устроен так, что во время такта сжатия в молочную камеру коллектора подается атмосферный воздух, который обеспечивает лучшую эвакуацию молока из доильного аппарата в молокопровод или ведро и отдых сосков от травмирующего воздействия вакуума. Такой режим доения способствует более полному опорожнению вымени и жировыведению, росту общей продуктивности, уменьшению заболевания коров маститом.

Техническая характеристика низковакуумной доильной системы представлена в табл. 3.19.

Таблица 3.19-Техническая характеристика низковакуумной доильной системы

Параметр	Значение/показатель
Тип доильного аппарата	с периодическим впуском воздуха в коллектор
Рабочее вакуумметрическое давление, кПа	45
Частота пульсаций, мин$^{-1}$	65±5
Относительная длительность такта сосания, %	65±5
Объем молочной камеры коллектора, см^3	86
Вес подвесной части доильного аппарата, Н	27
Производительность дояра при работе с 4 аппаратами, коров/ч	33

3.7.6 Доильные установки для доения на пастбищах и в доильных залах

3.7.6.1 Универсальная доильная станция УДС-3Б

Представляет из себя передвижную установку и предназначена для доения коров на пастбищах и в доильных залах молочных ферм при беспривязном содержании животных, первичной обработке молока при обслуживании стада 200 коров. Выпускается в двух исполнениях: основное исполнение обеспечивает доение в молокопровод и первичную обработку молока, а исполнение УДС-3Б-01 – возможность доения со сбором молока в доильные ведра. Доение производится в станках параллельно-проходного типа.

Общий вид доильной установки УДС-3Б показан на рис. 3.59. Состоит из двух секций (по четыре доильных станка параллельно-проходного типа в каждой), четырех бункеров 13 с дозаторами для концентрированных кормов, доильной аппаратуры 8, молокопровода 15, вакуумной линии, оборудования для первичной обработки молока, установки для промывки молочного оборудования, агрегата водоснабжения, осветительного оборудования и силового агрегата 1.

Репозиторий БГАТУ

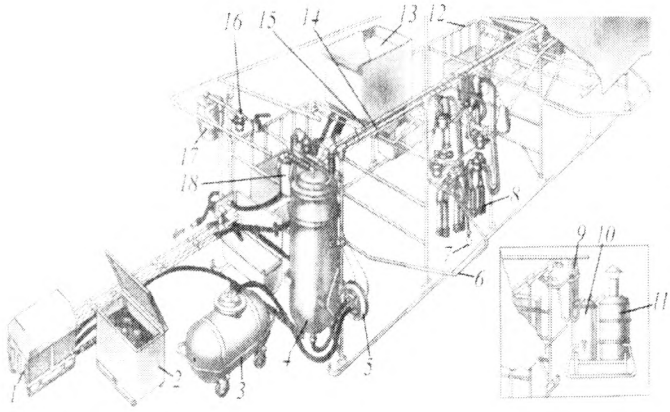


Рисунок 3.59 - Общий вид доильной установки УДС-3Б:
1 – силовой агрегат; 2 – ящик со льдом;
3 – цистерна; 4 – фильтр-охладитель;
5 – диафрагменный насос; 6 – дуга-фиксатор;
7 – разбрызгиватель;
8 – доильный аппарат; 9 – насоссмеситель;
10 – бак холодной воды;
11 – водогрейный котел; 12 – выходная дверь; 13 – бункер кормораздатчика;
14 – вакуумпровод; 15 – молокопровод;
16 – вакуумрегулятор; 17 – вакуумбаллон;
18 – предохранительная камера

Станки шириной 800 мм предназначены для фиксации коров во время доения и для крепления составных частей доильной станции. Секция станков состоит из полозьев, к которым болтами прикреплены вертикальные рамки. К верхним концам рамок универсальными соединительными элементами присоединен вакуум-провод 14. В передней части рамок на осях навешены дверки 12 с кормушками, а к задней части присоединены дуги 6 фиксации коров. Сверху станки закрыты брезентовым тентом.

Кормораздатчики применяют для подкормки животных сухими кормами во время доения из расчета: один кормораздатчик на два стойла. Раздаточное устройство представляет собой спирально-шнековый дозатор, приводимый во вращение вручную рукояткой с места оператора, и размещается в нижней части бункеров. Вместимость одного бункера 0,2 м^3. Количество корма, выдаваемого в кормушку, регулируют числом оборотов рукоятки дозатора. Для переключения подачи концкормов в левую или правую кормушку, рычагом поворачивают заслонку в лотке бункера.

В доильной установке УДС-3Б применен доильный аппарат АДУ-1 и введено устройство зоотехнического учета молока УЗМ-1А. Доильная аппаратура обеспечивает выдаивание молока из вымени коровы за счет вакуума и подачу молока в молокопровод.

В состав силового агрегата входит вакуумная установка УВУ-60/45, бензодвигатель УД-25С мощностью 8 кВт с генератором тока, водяной насос. Установка может работать и от внешней сети электрического тока.

Принципиальные схемы работы доильной установки в режимах доения и промывки показаны на рис. 3.60.

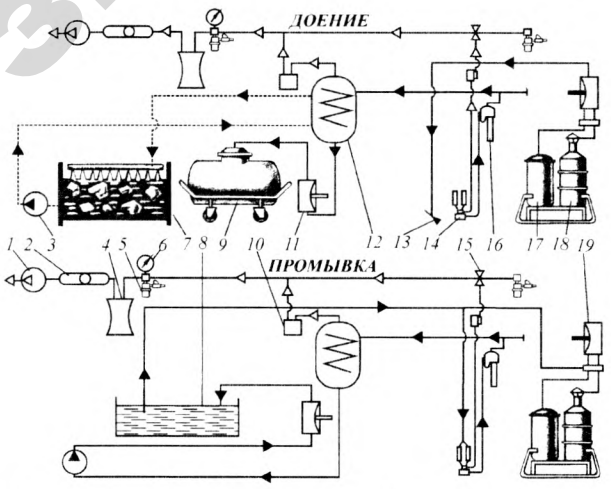


Рисунок 3.60 - Схема доильной станции УДС-3Б в режимах доения и промывки:
1 – вакуум-насос; 2 – клапан предохранительный; 3 – насос водяной; 4 – вакуум-балон;
5 – вакуум-регулятор; 6 – вакуумметр; 7 – ящик охладительный; 8 – ванна моющей жидкости;
9 – емкость для сбора молока; 10 – предохранительная камера; 11 – насос молочный;

Репозиторий БГАТУ

12 – фильтр-охладитель; 13 – разбрызгиватель для подмыва вымени; 14 – доильный аппарат; 15 – кран вакуумный; 16 – счетчик молока (индивидуальный); 17 – бак холодной воды; 18 – котел водогрейный; 19 – насос-смеситель

3.7.6.2 Доильная установка УДМ-Ф-1

Установка доильная для малых ферм, выпускаемая ОАО "Кургансельмаш", передвижная, на полозьях, с параллельно-проходными станками, предназначена для машинного доения коров в переносные доильные ведра на пастбищах и в доильных залах малых ферм.

Выпускается в трех исполнениях: основное – с двухтактным доильным аппаратом с периодическим впуском воздуха в коллектор для эвакуации молока (НВС), 01 – с двухтактным доильным аппаратом с пневмостимуляцией молокоотдачи в процессе доения (с вибропульсатором), 02 – с трехтактным доильным аппаратом "Волга". Обеспечивает раздачу сухих концентрированных кормов во время доения, доение в переносные доильные ведра, промывку и дезинфекцию доильных аппаратов. Работа установки основана на принципе отсоса молока доильным аппаратом. Молоко по молочным шлангам поступает в доильное ведро, в котором вручную транспортируется до места сбора и хранения. Рабочий вакуумный режим поддерживается вакуумным агрегатом и вакуум-регулятором. В режиме промывки в такте сосания моющий раствор засасывается из ведра промывки доильным аппаратом и по шлангу направляется в доильное ведро, где с помощью насадки разбрызгивается и омывает внутреннюю полость ведра. В такте слива раствор через шланги и доильный аппарат вытекает обратно в ведро промывки (обслуживает дояр).

Показатели использования установки представлены в табл. 3.20.

Таблица 3.20 - Показатели использования доильной установки УДМ-Ф-1

Показатель	Значение	Ед. изм.
Вакуумметрическое давление при холостом режиме работы с доильными аппаратами (с двухтактным АДУ-1-03 с периодическим впуском воздуха в коллектор для эвакуации молока (НВС))	47	кПа
Вакуумметрическое давление при холостом режиме работы с доильными аппаратами (с двухтактным АДУ-1-04 с пневмостимуляцией молокоотдачи в процессе доения (с вибропульсатором))	48	кПа
Вакуумметрическое давление при холостом режиме работы с доильными аппаратами (с трехтактным "Волга")	50	кПа
Масса	670	кг
Пропускная способность в час основного времени с использованием доильного аппарата АДУ-1	21	коров-доек
Пропускная способность в час основного времени с использованием трехтактного доильного аппарата	20	коров-доек
Транспортная ширина без тентов	2,1	м
Транспортная ширина с тентами	3,2	м
Установленная мощность	3	кВт
Число доильных аппаратов	4	шт
Число обслуживаемых животных	100	гол
Число ското-мест	4	шт

Репозиторий БГАТУ

3.7.6.3 Комплект оборудования К-Р-10

Предназначен для доения при содержании коров на открытых площадках, первичной обработке молока при стойлово-лагерном и стойлово-пастбищном содержании коров. Выпускается в двух исполнениях: К-Р-10 – для модернизации действующих летних лагерей и пастбищ до 200 голов дойного стада, без ограждений и навесов; К-Р-10-1 – при новом строительстве летних лагерей.

Все оборудование поставляется в виде блоков, позволяющих значительно снизить затраты на монтаж и наладку оборудования.

Комплект К-Р-10 включает в себя следующее технологическое оборудование (рис. 3.61): железобетонная кормушка; групповая поилка; бункер сухих кормов; цистерна-прицеп для молока; машинный блок; бак для воды; ларь для хранения моющих и дезинфицирующих веществ; унифицированный водораздатчик; энергогенераторная установка; блок доильных станков.

В машинном блоке (рис. 3.62) размещены: молокоприемник 2, предохранительная камера 5, пульт управления молочным насосом 6, установка 7 холодильная установка ОТ10-2-0, счетчики молока 1, молочный насос 4, молочный фильтр 3.

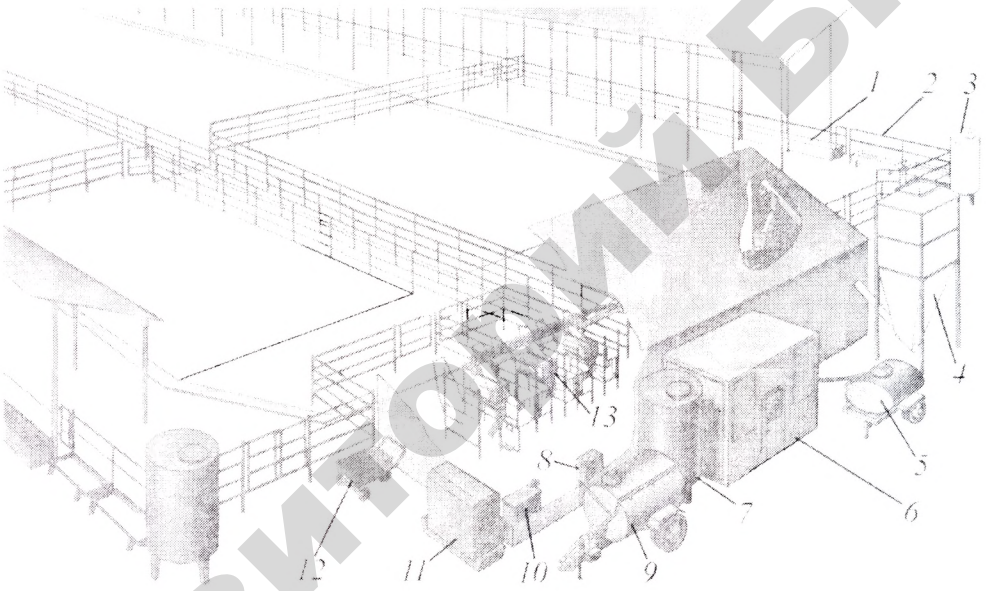


Рисунок 3.61 - Общий вид установки К-Р-10:
1 – железобетонная кормушка; 2 – ограждение; 3 – лагерная групповая поилка; 4 – бункер для сухих кормов; 5 – цистерна – прицеп для молока; 6 – машинный блок; 7 – бак для воды; 8 – ларь для хранения моющих и дезинфицирующих средств; 9 – унифицированный водораздатчик; 10 – слесарный верстак; 11 – электрогенераторная установка; 12 – ручная тележка; 13 – блок доильных станков

Комплект оборудования обеспечивает выполнение следующих технологических операций и процессов: содержание и поение коров в загонах по 100 голов; доения; группового и индивидуального учета надоенного молока; фильтрации, охлаждения, сбора и хранения охлажденного молока; промывки и дезинфекции молочных линий и доильной аппаратуры; приема, хранения и выдачи концентрированных кормов коровам; получения горячей (до 70 °С) и теплой (до 40 °С) воды для технологических нужд; ветеринарной и санитарной обработки животных; автономного энергоснабжения при наличии резервного источника энергии.

Репозиторий БГАТУ

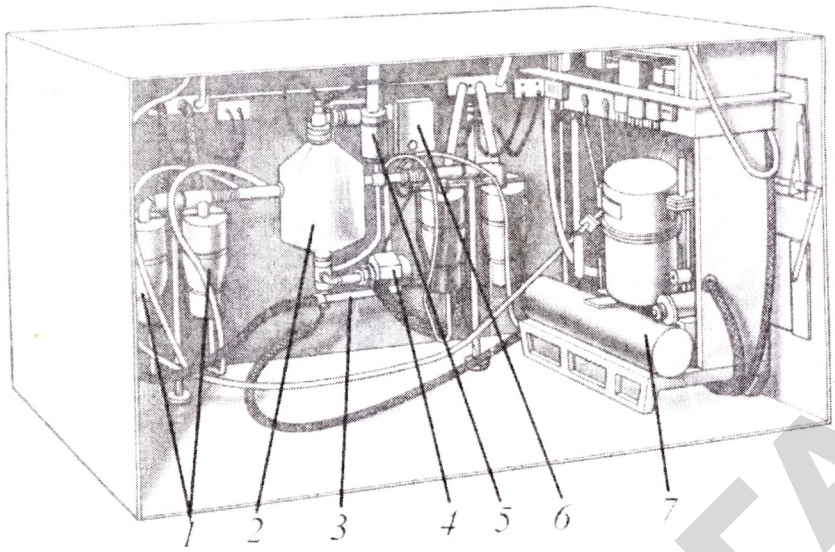


Рисунок 3.62 - Общий вид машинного блока

Оборудование молочной, оборудование промывки и система первичной обработки молока полностью унифицированы с аналогичными системами агрегата АДМ-8А.

Техническая характеристика комплектов стойлово-лагерного оборудования К-Р-10 представлена в табл. 3.21.

Таблица 3.21 - Техническая характеристика стойлово-лагерного комплекта оборудования К-Р-10

Показатель	Марка оборудования	
	К-Р-10	К-Р-10-1
Обслуживаемое поголовье	200	200
Средняя продолжительность использования комплекта в году, дней	155	155
Пропускная способность, коров/час	100	100
Установленная мощность, кВт	40	40
Трудоемкость сборочных и регулировочных работ при монтаже, чел.·час	320	500
Масса, кг	16 200	24 600
Обслуживающий персонал, чел.	5	5
в том числе операторов машинного доения	4	4
скотников	1	1

3.7.6.4 Установка УДЛ-Ф-12

Установка УДЛ-Ф-12 (рис. 3.63) предназначена для машинного доения и первичной обработки молока в летних лагерях и летних пастбищах с поголовьем до 200 коров. Включает в себя доильные станки параллельно-проходного типа с кормораздатчиками. Молоко от доильных аппаратов 17 по молокопроводу 14 транспортируется в молочное отделение. Устройство и работа оборудования учета и приема молока, а также система автоматической промывки унифицированы с доильным агрегатом АДМ-8А.

Репозиторий БГАТУ

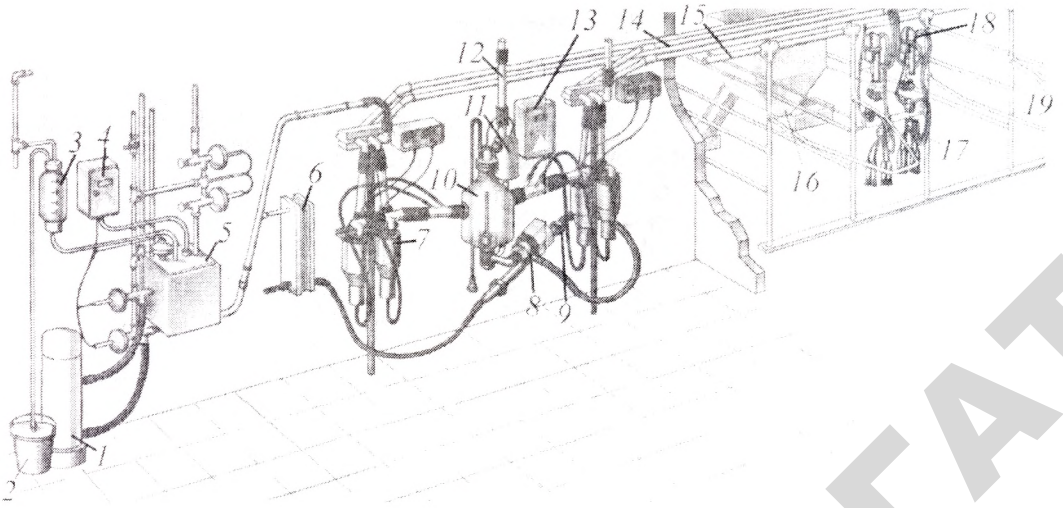


Рисунок 3.63 - Общий вид доильной установки УДЛ-Ф-12:
1 – ведро для кислотного раствора; 2 – проточный водонагреватель; 3 – дозатор кислотного раствора; 4 – пульт управления автоматом промывки; 5 – бак автомата промывки; 6 – проточный пластинчатый охладитель; 7 – групповой счетчик молока; 8 – центробежный молочный насос; 9 – молочный фильтр; 10 – молокоприемник; 11 – предохранительная камера; 12 – вакуумпровод; 13 – пульт управления молочным насосом; 14 – молокопровод; 15 – магистральный вакуумпровод; 16 – бункер кормораздатчика; 17 – доильный аппарат; 18 – устройство зоотехнического учета молока УЗМ-1А; 19 – доильный станок

В режиме доения молоко отсасывается из вымени коровы доильным аппаратом 17, затем через устройство 18 зоотехнического учета молока УЗМ-1А поступает в молокопровод 14, по которому транспортируется в молочное отделение, где поступает в счетчик молока 7 и молокоприемник 10. Из молокоприемника молоко молочным насосом 8 через фильтр 9 и пластинчатый охладитель 6 перекачивается в емкость для хранения. Для раздачи кормов предусмотрен кормораздатчик 16. Для фиксации коров во время доения предусмотрены ограждения 19.

В режиме промывки вода и моющий раствор отсасываются из бака 5 автомата промывки, затем по трубопроводам технологической линии подается к моющим головкам, доильным аппаратам 17 и далее через всю систему молокопроводов поступают в молокоприемник 10. Затем моющий раствор молочным насосом 8 перекачивается через охладитель 6 в бак 5 для циркуляционной промывки или на слив в канализацию.

Основные технические характеристики доильной установки УДЛ-Ф-12 приведены в табл. 3.21.

Таблица 3.21- Техническая характеристика доильной установки УДЛ-Ф-12

Показатель	Значение
Тип установки	стационарная с параллельно-проходными станками
Поголовье обслуживаемого стада	200
Пропускная способность, гол/час	100
Число скотомест	12
Число доильных аппаратов	12
Вакуумметрическое давление, кПа	47±1
Установленная мощность, кВт	18,8
Масса, кг	2500
Число дояров	4

Репозиторий БГАТУ

3.7.7 Доильные залы

3.7.7.1 Общие положения

Доильные залы являются сравнительно новым этапом технологии. Преимуществом доильных установок для доения в доильных залах является глубокая специализация труда операторов, исключающая выполнение таких операций, как раздача корма, чистка стойл и др. Наличие заглубленной траншеи устраняет работу дояра в наклонном положении при проведении подготовительных и заключительных операций. Это позволяет повысить производительность труда операторов при машинном доении и получать молочную продукцию более высокого качества.

Доильные установки для доения коров в специальных станках подразделяют на группы: "Тандем"; "Елочка"; "Карусель".

Типа "Тандем" (рис. 3.64): "в линию" – с двухсторонним (2×4, 2×3, 2×2); трехсторонним (3×4) расположением станков – "Тригон", и четырехсторонним расположением станков – "Полигон". Выпускаются с индивидуальными станками, с боковым входом и независимым обслуживанием коров или с групповыми продольными станками.

Типа "Елочка" (рис. 3.65): "в линию" – с количеством скотомест 2×8, 2×6 и 2×4; Тригон 3×4; Полигон 4×8; "Параллель" и "Европараллель".

Доильные залы типа "Полигон" разработаны и построены в штате Мичиган (США). Характерными особенностями "полигона" является автоматизированный контроль над движением коров, автоматическая стимуляция вымени, автоматическое отключение и снятие доильных стаканов и своеобразная конфигурация доильного зала. Зал обычно имеет четырехугольную форму, и с каждой стороны расположено по шести доильных станков типа "елочка".

Процесс доения осуществляется следующим образом. Когда входные ворота открыты, то все кормушки, кроме самой дальней, закрыты. Когда первая корова достигает последней кормушки и касается ее, автоматически открывается вторая кормушка, вторая включает третью и т.д. по линии до последней, закрывающей входные ворота. В момент, когда последняя корова заходит и касается первой кормушки, автоматически открываются выходные ворота и кормушки закрываются. Вмонтированные в пол специальные распылители автоматически обмывают вымя коровы до дойки теплой водой и стимулируют молокоотдачу. Оператор осматривает вымя, обсушивает его и надевает доильные стаканы на соски. С этого момента все операции на установке автоматизированы. Установку обслуживает один оператор. За потоком молока наблюдает контрольный прибор (монитор), отключающий машину по окончании доения. Для визуального контроля за процессом молокоотдачи каждая секция имеет изогнутую стеклянную трубку на молокопроводе.

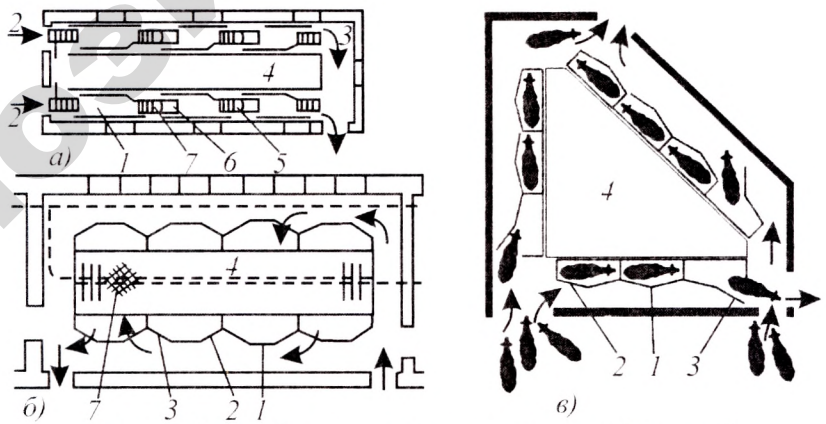


Рисунок 3.64 - Схемы доильных залов типа "Тандем":
а – с групповыми продольными станками; б – с индивидуальными станками "в линию"; в – с индивидуальными станками "тригон";
1 – станок; 2 – входные ворота; 3 – выходные ворота; 4 – место оператора; 5 – бункер с кормами; 6 – кормушка; 7 – решетка канализационная

Репозиторий БГАТУ

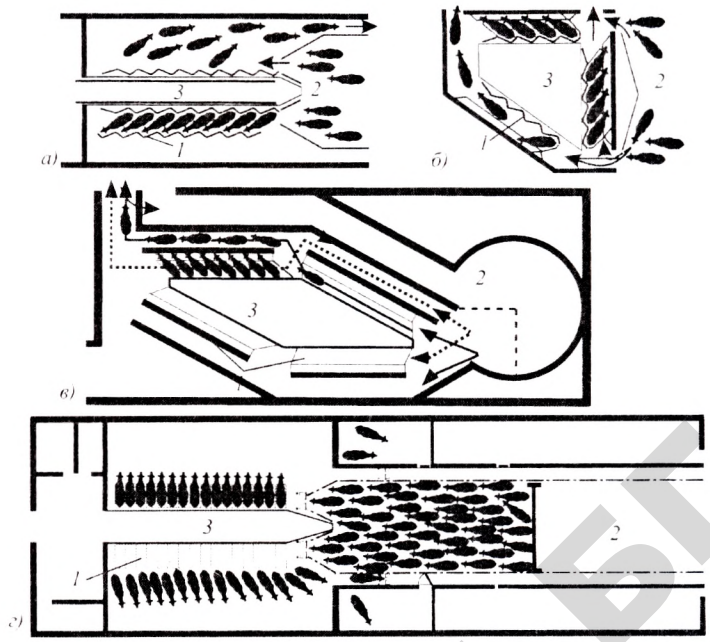


Рисунок3.65 - Схемы доильных залов типа "Елочка":
а – "в линию"; б – "Тригон"; в – "Полигон"; г – "Параллель";
1 – станки; 2 – входные ворота; 3 – место оператора

Типа "Карусель" (рис. 3.66): с последовательным расположением коров на платформе; с расположение коров на платформе уступом головами внутрь; с расположением коров на платформе уступом головами наружу; "бок о бок" головами внутрь.

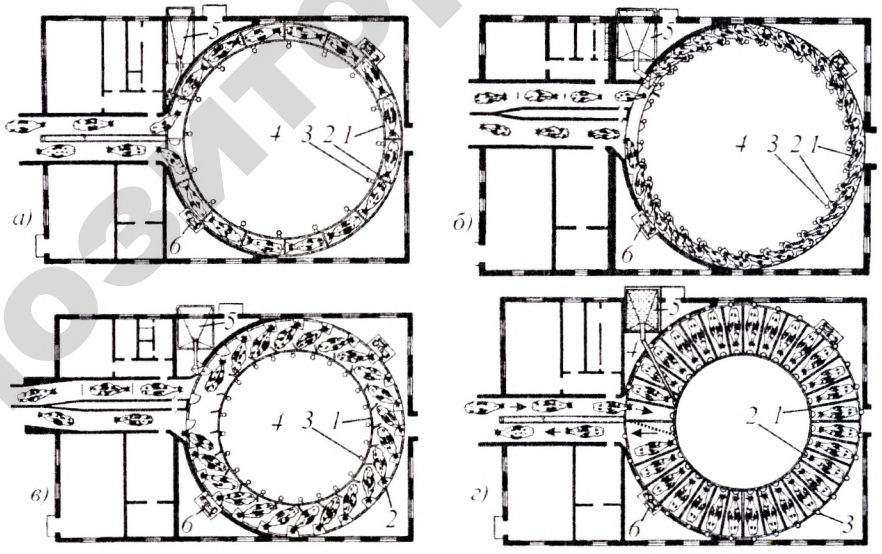


Рисунок 3.66 - Схемы доильных залов типа "Карусель":
а – со станками типа "Тандем"; б – со станками типа "Елочка" головами внутрь; в – со станками типа "Елочка" головами наружу; г – "бок о бок" головами внутрь; 1 – станок; 2 – кормушка; 3 – доильный аппарат; 4 – место оператора; 5 – бункер с кормами; 6 – приводная станция

В настоящее время различные фирмы выпускают карусели с различным расположением доильных станков. Причем карусели с большим числом станков, свыше 40, коров располагают, как правило, радиально (рис. 3.67).

Репозиторий БГАТУ

3.7.7.2 Автоматизированная доильная установка УДА-8А "ТАНДЕМ"

Предназначена для машинного доения коров в доильных станках и первичной обработки молока при привязном и беспривязном содержании коров на фермах с поголовьем до 400 голов. Установка обеспечивает: преддоильное полоскание молочного оборудования; впуск коров в доильный зал и станки; обмыв вымени коров перед доением; доение и механическое додаивание; снятие доильных стаканов с вымени коровы по окончании доения; учет надоя от каждой коровы и взятие пробы молока для определения жирности (при контрольных дойках); транспортирование молока по молокопроводу; фильтрацию, охлаждение молока с последующей перекачкой в емкости для хранения; промывка доильного оборудования и молокопроводящих путей; раздача концкормов (при наличии кормораздатчика).

Установка УДА-8А (рис. 3.68) состоит из оборудования промывки 12, вакуумной линии 14, привода ворот 1, счетчика молока, технологической линии, линии обмыва вымени 4, манипулятора доения МД-Ф-1 5, станков 6, линии промывки, оборудования молочной 8, вакуумной установки 9.

Установка может выпускаться с количеством скотомест 2×2 и 2×3; с электронным устройством управления манипуляторами. По желанию заказчика возможна замена манипулятора доения обычной доильной аппаратурой.

Станок предназначен для фиксации в определенном положении коров во время доения и размещения технологического оборудования. Каркас составляют стойки и вертикальные трубы. На стойке в петлях шарнирно закреплены входные и выходные ворота. Переднюю часть станка ограждает щиток с кормушкой. Стойки станка соединены между собой воздуховодом и вакуумпроводами. В конце воздухопровода установлен воздушный фильтр. Входные и выходные ворота оборудованы пневматическими приводами и, управляемыми переключателем. Конструкцией предусмотрено также ручное открывание ворот.

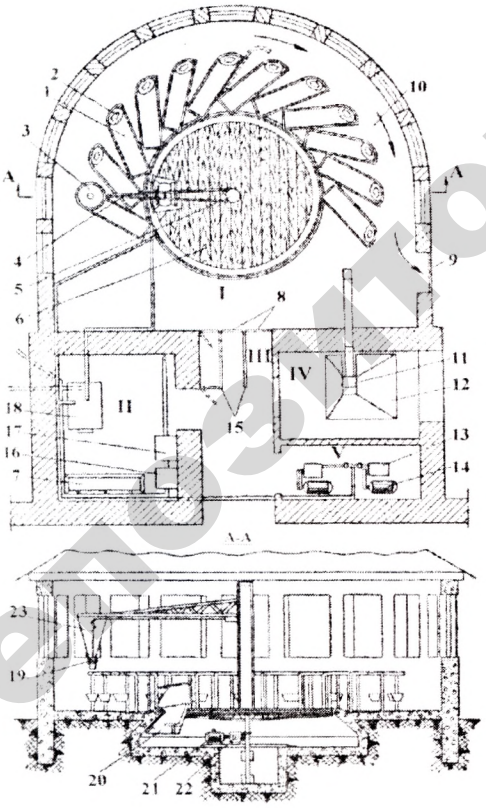


Рисунок 3.67 - Схема доильной установки типа «веер»:
I - доильный зал; II - молочное отделение; III - коридор; IV - цех концентрированных кормов; V - машинное отделение; 1 - доильный станок; 2 - кормушка; 3 - кормораздатчик; 4 - стрела кормораздатчика; 5 - колонна; 6 - подвижная платформа; 7 - ванна; 8 - входные дверки; 9 - выходная дверь; 10 - полукольцевой проход; 11 - нория; 12 - бункер; 13 - вакуумный насос; 14 - электродвигатель; 15 - разделители; 16 -бак-смеситель; 17 - электроводонагреватель; 18 - молокосборник; 19 -дозатор кормораздатчика; 20 - кабина доярки; 21 - электродвигатель привода; 22 - редуктор; 23 - бункер кормораздатчика

Технологическая линия предназначена для транспортирования молока в молочное отделение, размещения пульсаторов и подачи вакуума к пульсаторам. Состоит из двух независимых линий молокопровода 36 с муфтами для подключения автомата управления манипуляторов для

Репозиторий ВГАУ

доения и вакуумпровода. Молокопровод выполнен из стеклянных и металлических труб, соединенных резиновыми муфтами. Молокопровод заканчивается патрубком и воротником для соединения с молокосборником. Противоположные от молокосборника концы молокопровода соединены с линией промывки резиновыми шлангами с надетыми на них зажимами.

Линия промывки предназначена для подачи моющих и дезинфицирующих растворов, а также воды от промывочного оборудования к доильной аппаратуре и к молокопроводу. Линия промывки включает две независимых линии из пластмассовых и металлических труб, соединительных муфт, отводов, резиновых шлангов и моющих головок для присоединения к доильным стаканам.

Оборудование промывки предназначено для автоматической промывки моющим раствором молокопроводящих путей установки. Состоит из автомата промывки, включающего бак, блок управления, дозатор моющих средств, электроводонагревателя и подогревателя. Над баком смонтирован блок пневмоуправляемых вентилей холодной и горячей воды. Подключение подогревателя к линии обмыва вымени во время доения, а к оборудованию промывки во время циркуляции моющего раствора производят пневмоуправляемые краны. Дозирование жидких моющих средств из емкости осуществляют открытием вручную пневмокрана и визуальным контролем по делениям на колбе.

Оборудование молочной предназначено для приема молока из молокопровода, фильтрации, охлаждения и подачи в емкость для хранения. Оборудование молочной состоит из молокоопорожнителя с предохранительной камерой, молочных насосов, фильтра и охладителя. Для контроля величины вакуума в молокопроводе установлен вакуумметр.

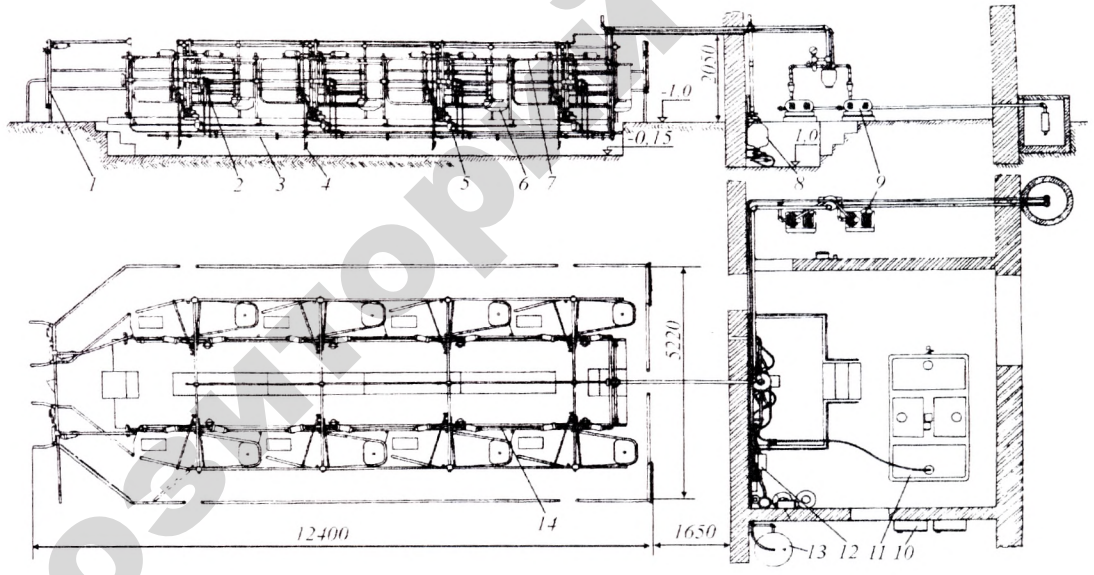


Рисунок 3.68 - Установка доильная автоматизированная "Тандем-автомат" УДА-8А:
1 – привод ворот; 2 – счетчик молока; 3 – линия технологическая; 4 – линия обмыва вымени; 5 – манипулятор доения МД-Ф-1; 6 – станки; 7 – линия промывки; 8 – оборудование молочной; 9 – вакуумная установка УВУ-60/45Б; 10 – шкаф запасных частей; 11 – молочный резервуар; 12 – оборудование промывки; 13 – электроводонагреватель; 14 – вакуумная линия

Вакуумная установка включает в себя четыре вакуум-насоса УВУ-60/45 с предохранителями, вакуум-балон, вакуум-регулятор с вакуумметром. Предназначена для отсоса воздуха из составных частей установки, работа которых основана на разности атмосферного давления и разряжения, созданного вакуумным насосом.

Вакуумная установка, оборудование молочной, оборудование промывки и система первичной обработки молока полностью унифицированы с аналогичными системами агрегата АДМ-8А.

Репозиторий ГГАУ

Доильная аппаратура включает в себя манипулятор для доения МД-Ф-1 и устройство зоотехнического учета молока УЗМ-1А. Манипулятор МД-Ф-1 предназначен для механического доения коров, додаивания и последующего отключения доильных стаканов от вакуумметрического давления, снятия и выведения их из-под коровы.

Линия обмыва предназначена для санитарной обработки вымени коров перед доением. Вода для обмыва вымени подогревается подогревателем и подается к разбрызгивателю по трубе. Шкаф управления с термометром предназначен для управления подогревателем.

Для открывания и закрывания дверей доильного зала при впуске и выпуске коров предусмотрена система пневмопривода. Она состоит из силовых пневмоцилиндров, системы рычагов, соединяющих каждую пневмокамеру с дверьми; трубопровода с фитингами; шлангов и кранов управления.

Кормораздатчики доильных установок УДА-8А и УДА-16А предназначены для транспортирования и дозированной выдачи сухих, сыпучих комбикормов с величиной гранул до 14 мм. Кормораздатчики могут работать в ручном и автоматическом режиме заполнения дозаторов.

Система раздачи сыпучих концентрированных кормов включает в себя приводную станцию 1 (рис. 3.69) с приемным бункером 2, цепочно-шайбовый транспортер 8, размещенный в трубе, накопителей кормов 6, дозаторов 5, пульта управления дозаторами, системы пневмопровода, включающей в себя пульсоусилители 4 и вакуумпроводы 3.

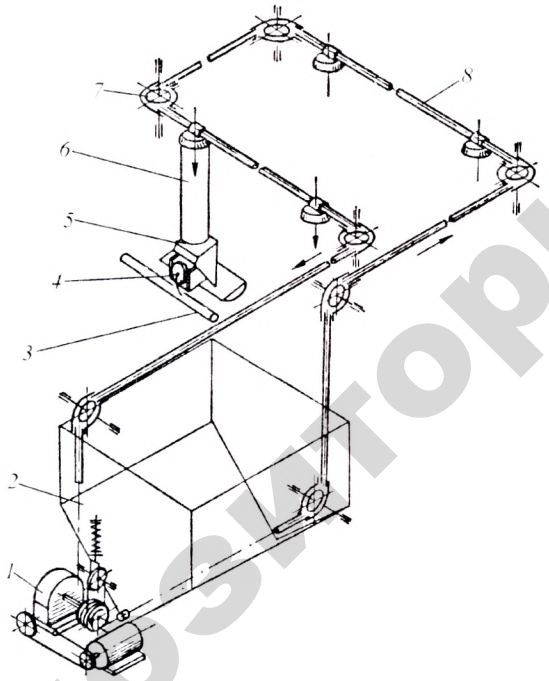


Рисунок 3.69 - Технологическая схема кормораздатчика сухих кормов:
1 – приводная станция;
2 – бункер;
3 – вакуумпровод;
4 – пневмокамера;
5 – дозатор;
6 – трубчатый накопитель;
7 – поворотный блок;
8 – цепочно-шайбовый транспортер

Основные технические характеристики кормораздатчиков доильных установок представлены в табл. 3.23.

Таблица 3.23 - Основные техническая характеристика кормораздатчиков доильных установок

Параметр	Значение параметра	
	УДА-16А	УДА-8А
Установленная мощность, кВт	1,1	1,1
Подача транспортера, кг/ч, не менее	350	350
Количество дозаторов, шт.	16	8
Масса кормораздатчика, кг	690	650

Репозиторий БГАТУ

Машинное доение коров в доильных помещениях включает в себя: а) организацию движения животных в молочно-доильный блок и из него; б) перегон очередной группы коров на преддоильную площадку, затем в доильные помещения, и далее в коровник или выгульную площадку.

Работа доильной установки включает следующие этапы: подготовку доильной установки к доению; доение; измерение количества выдоенного молока (при контрольных дойках); транспортирование молока в молочное отделение; фильтрацию и охлаждение молока; подачу молока в емкости для хранения; дезинфекцию и промывку доильной установки.

Подготовительные и заключительные операции в доильном зале выполняет оператор машинного доения. Он ведет наблюдение за процессом доения и при необходимости устраняет помехи.

На установках типа "Тандем" в результате удобной организации рабочего места операторов более высокая производительность труда, чем при доении в молокопровод в стойлах коровников. Операторы находятся в траншее глубиной 0,6…0,75 м, по бокам и параллельно которой расположены индивидуальные станки для коров. В каждом станке имеется свой доильный аппарат. Входом и выходом коров в станок управляет оператор индивидуально для каждой коровы, не мешая работе в других станках. При этом коровы поедают подкормку из кормушек во время доения.

Главное преимущество этой установки – возможность доить в станке коров любой продуктивности и имеющей разную продолжительность доения.

3.7.7.3 Доильная установка УДА-16А "ЕЛОЧКА"

Предназначена для машинного доения коров в групповых доильных станках, установленных в доильном зале; транспортировки выдоенного молока в молочное отделение; первичной обработки молока в потоке. Применяется для доения коров, подобранных по скорости молокоотдачи и продуктивности с отклонением по надою не более чем на 300 л/год. Унифицирована с установкой УДА-8А "Тандем" и включает те же сборочные единицы и агрегаты. Отличается от нее конструкцией и количеством доильных станков, устройством системы раздачи кормов (имеет 16 дозаторов) и способом доения.

Установка обеспечивает: преддоильное полоскание молочного оборудования; обмыв вымени коров перед доением; доение и механическое додаивание; снятие доильных стаканов с вымени коровы по окончании доения; транспортирование молока по молокопроводу; фильтрацию, охлаждение молока с последующей перекачкой в емкости для хранения молока.

Установка УДА-16А (рис. 3.70) может выпускаться: с количеством скотомест 2×4, 2×6 и 2×8; с электронным устройством управления манипуляторами и автоматической промывкой; с пневматическим управлением манипуляторами и механизированной промывкой; без манипуляторов, с ручной промывкой. По желанию заказчика возможна: замена манипуляторов доения обычной доильной аппаратурой; поставка кормораздатчика УДА 102.000, позволяющего одновременно с доением производить раздачу сухих концкормов; поставка резервуара охладителя молока МКА-2000Л-2Б или РПО-2,0 для сбора, охлаждения и хранения молока.

В состав установки входят два, расположенных под углом 30…35° по обеим сторонам рабочей траншеи доильных станков по восемь мест каждый (рис. 3.29). Это позволяет оператору из траншеи проводить обработку вымени и доение. На установках типа "Елочка" достигается более высокая производительность труда (35…40 гол/час), чем на установках типа "Тандем", за счет большего количества доильных аппаратов, особому размещению коров и их групповому обслуживанию. Коровы располагаются под углом 30° к траншее и обращены головами от траншеи, что позволяет разместить их в групповом станке ближе друг к другу (90…100 см). Коровы поступают в доильный станок и выходят из него группой, а не по одной.

Репозиторий БГАТУ

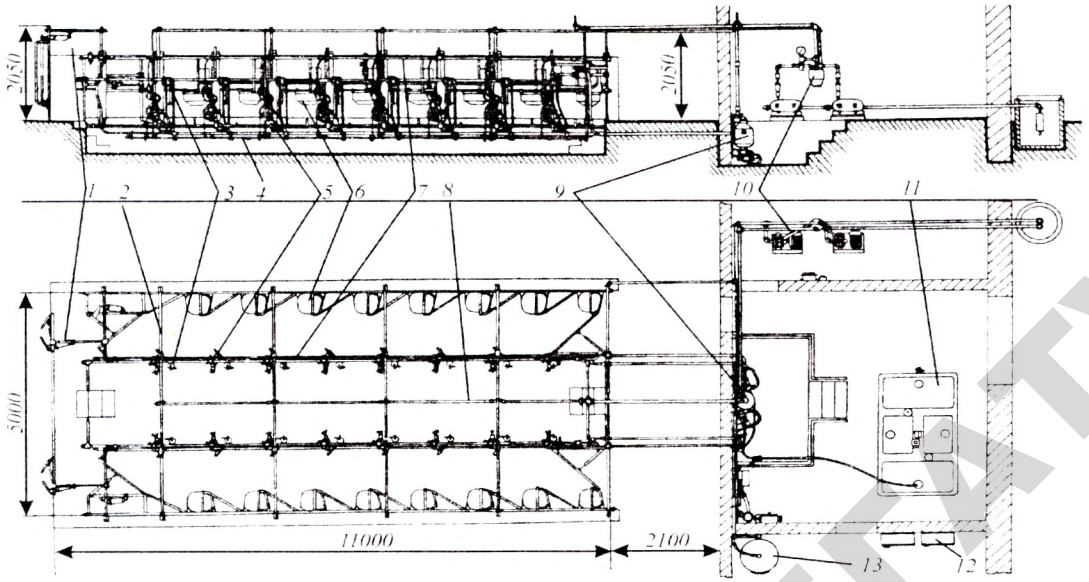


Рисунок 3.70 Установка доильная автоматизированная "Елочка-автомат" УДА-16А:
1 – привод; 2 – станки; 3 – счетчик молока УЗМ-1А; 4 – линия технологическая; 5 – манипулятор для доения МД-Ф-1; 6 – кормушка; 7 – линия промывки; 8 – линия обмыва вымени; 9 – оборудование молочной; линия вакуумная; 11 – танк для хранения молока; 12 – шкаф запасных частей; 13 – электроводонагреватель

Доильные установки УДА-8А "Тандем" и УДА-16А "Елочка" укомплектованы унифицированным оборудованием: оборудование молочной; система автоматической промывки; доильная аппаратура; кормораздатчик сухих рассыпных кормов; устройство зоотехнического учета молока УЗМ-1А. Технологические процессы работы оборудования доильной установки УДА-16А "Елочка" аналогичны работе доильной установке УДА-8А "Тандем".

Неисправности доильной установки УДА-8А "Елочка" аналогичны доильной установке УДА-16А "Тандем".

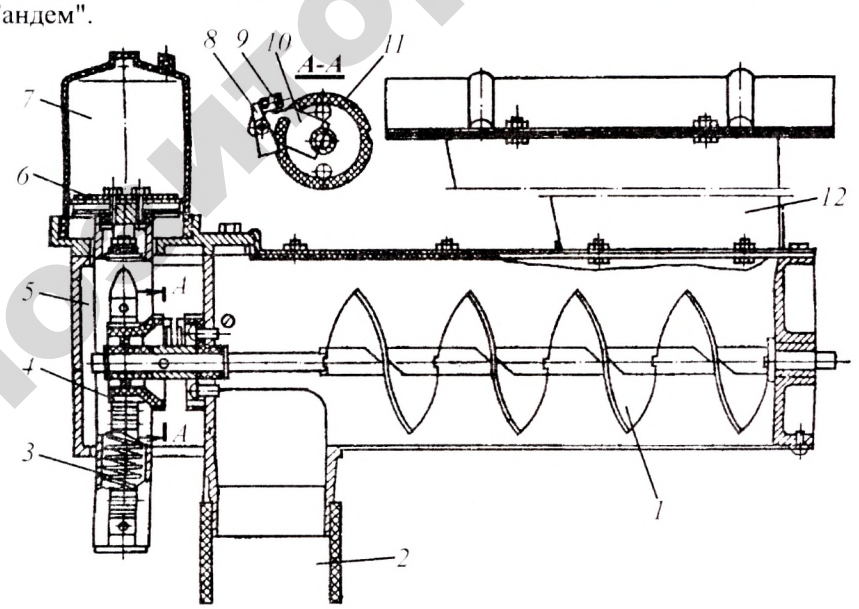


Рисунок 3.71 - Схема дозатора кормораздатчика:
1 – шнек; 2 – труба; 3 – пружина; 4 – стопорный механизм; 5 – зубчато-реечная передача; 6 – поршень; 7 – пневмоцилиндр; 8 – рычаг; 9 – наконечник; 10 – пластина; 11 – диск; 12 – накопитель

Репозиторий БГАТУ

Система раздачи концентрированного корма состоит из бункера, привода, цепочно-шайбового транспортера, аналогичного кормораздатчику УДА-8А "Тандем". Для дозированной выдачи кормов в кормушки у кормораздатчика УДА-16А "Елочка" применены шнековые дозаторы (рис. 3.71), устанавливаемые над каждой кормушкой.

За один оборот шнека дозатор выдает 0,25...0,28 кг. Выключается дозатор также автоматически. После включения дозатор можно остановить вручную поворотом ручки блока управления в исходное положение.

3.7.7.4 Доильная установка УДА-100 "КАРУСЕЛЬ"

Круговой доильный зал "карусель" был сконструирован и построен впервые на молочной ферме Уолкон-Гордон (штат Нью-Джерси, США) в 1930-е гг.

На больших установках типа "карусель" операторы обслуживают расположенные станки "елочкой" изнутри или снаружи.

Доильная установка УДА-100 "Карусель" (рис. 3.72) с вращающейся доильной площадкой карусельного типа, на которой размещаются коровы и находится доильное оборудование, предназначена для непрерывно-поточного доения коров на молочно-товарных фермах и комплексах промышленного типа, транспортирования выдоенного молока в молочное помещение, фильтрации, охлаждения его и подачи в емкость для хранения; позволяет доить коров в ритме конвейера, что создает условия для автоматизации процесса доения. Операторы, обслуживающие поголовье находятся изнутри установки.

Наилучшие условия для применения установки – на фермах с беспривязным содержанием животных. На доильной установке предусмотрены следующие технологические операции: подготовку установки к доению; подгон коров на преддоильную площадку; выпуск коров на преддоильную площадку; впуск коров на установку УОВ-Ф-1 для автоматической санобработки вымени; впуск коровы в доильный станок конвейера; обтирание вымени коровы, сдаивание первых струек молока и надевание доильного аппарата; автоматизированное доение, додой и снятие доильного аппарата после прекращения молокоотдачи; замер молока, надоенного от каждой коровы (при контрольных дойках); транспортирование молока в молочное помещение; фильтрацию молока; охлаждение молока и подачу его в емкость для хранения; выпуск коровы из доильного станка после окончания доения и снятия доильного аппарата; промывку и дезинфекцию доильной установки.

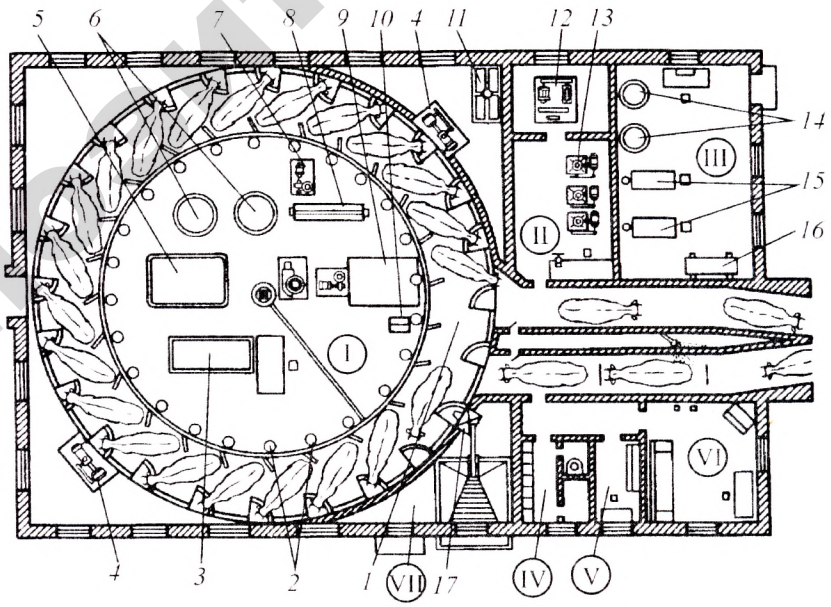


Рисунок 3.72 - Схема доильной установки "Карусель":
I – доильный зал; II – машинное отделение; III – котельная; IV – комната отдыха; V – лаборатория; VI – гардероб и санузел; VII – кормовое отделение; 1 – станки; 2 – доильные аппараты; 3 –

Репозиторий БГАТУ

шкаф для запасных частей; 4 – привод конвейера; 5 – бак для обрата; 6 – бак для молока; 7 – сепаратор; 8 – охладитель; 9 – молокоприемник; 10 – пульт управления; 11 – аккумулятор холода; 12 – холодильная машина; 13 – вакуум-насос; 14 – электроводонагреватель; 15 – паровой котел; 16 – бойлер; 17 – бункер-дозатор

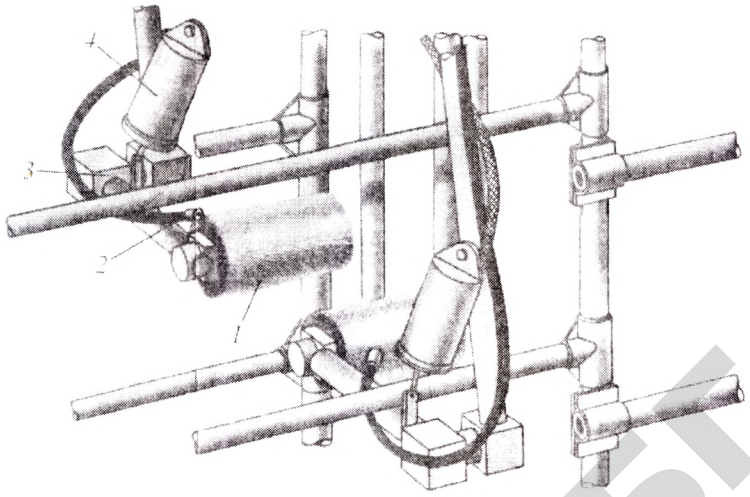


Рисунок 3.73 - Фрагмент установки УОВ-Ф-1 для обмыва вымени:
1 – цилиндрическая щетка; 2 – шланг для подачи воды; 3 – привод; 4 – пневмоцилиндр

Представляет собой вращающуюся платформу в виде кольцеобразного диска (внутренний диаметр – 12 м, наружный – 15 м), на которой смонтированы станки с кормушками типа "елочка". Мощность привода платформы 4 кВт от мотор-редуктора 4 (рис. 3.72) с бесступенчатым вариатором, обеспечивающим частоту вращения платформы в пределах один оборот за 6…14 мин.

Навоз попадает через щели платформы в желоб и далее специальной щеткой удаляется в самотечный канал. Количество выдаваемых кормов с учетом продуктивности коровы регулируют с помощью дозаторов с пульта управления.

Концентрированные корма дозируются коровам при помощи дозатора с пневмоприводом. Доза корма устанавливается оператором индивидуально для каждого животного.

При доении на "карусели" предусматривается специализация операторов: первый оператор регулирует поступление коров на доильную установку и раздает концентрированные корма, второй – контролирует обмывание вымени в автоматизированной установке УОВ-Ф-1 при помощи цилиндрических щеток 1 (рис. 3.73) и сдаивает первые струйки молока, третий – обтирает вымя, делает массаж и надевает доильные стаканы на соски, четвертый – следит за ходом доения коров, пятый – проводит машинный додой, проверяет состояние вымени и выпускает коров.

3.7.8 Доильные установки для подворья и малых ферм

Для частного подворья и малых ферм крупного рогатого скота все более широкое применение находят передвижные доильные агрегаты. Они просты в эксплуатации, имеют низкую металлоемкость и относительно невысокую энергоемкость.

3.7.8.1 Агрегат индивидуального доения АИД-2

Агрегат индивидуального доения АИД-2, выпускаемый Челно-Вершинским машиностроительным заводом, состоит из вакуумной установки 6 (рис. 3.74, а), доильной аппаратуры 1, пуско-регулирующей аппаратуры 5, смонтированных на передвижной тележке 7.

Репозиторий БГАТУ

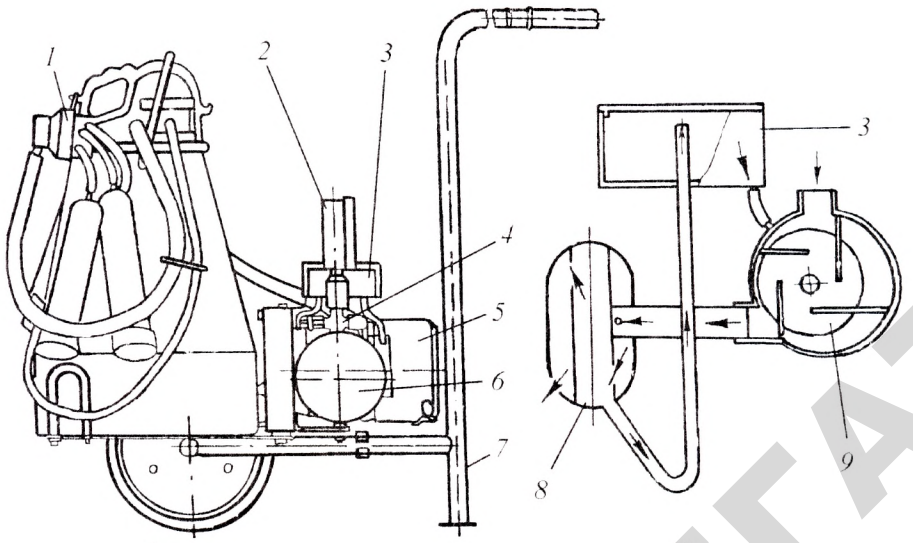


Рисунок 3.74 - Доильный аппарат АИД-2:
а – общий вид; б – схема смазки вакуумного насоса

Доильная аппаратура состоит из подвесной части доильного аппарата, пульсатора, доильного ведра с крышкой и прокладкой и комплекта шлангов и присоединительных деталей.

Доильная аппаратура соединяется с вакуумной установкой при помощи штуцера. Вакуумметрическое давление устанавливается поворотом гнезда вакуум-регулятора 4 и контролируется по показаниям вакуумметра 2.

Особенностью системы смазки вакуумного насоса 9 (рис. 3.74, б) является то, что масло, засасываемое из масленки 3, не выбрасывается через глушитель 8, а возвращается обратно в масленку.

3.7.8.2 Установка передвижная УДП-1

Установка передвижная доильная УДП-1, выпускаемая ООО "ПЕТРОТРЕЙД", оснащается доильным аппаратом двойного вакуума Нурлат и водокольцевым вакуумным насосом НВВ-10 (рис. 3.75).

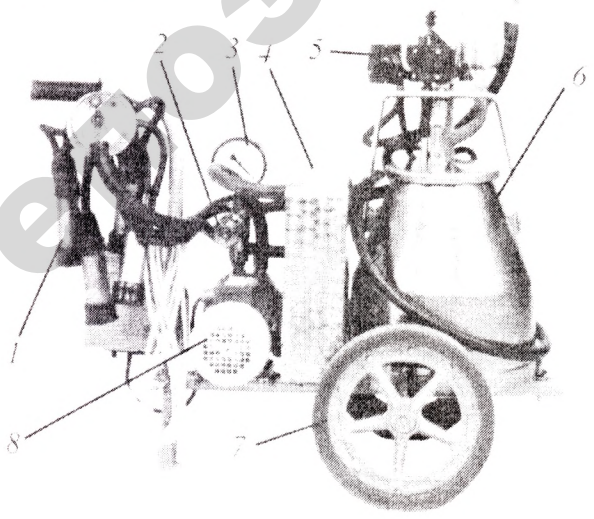


Рисунок 3.75 - Установка доильная УДП-1:
1 – доильные стаканы; 2 – вакуум-регулятор; 3 – вакуумметр; 4 – емкость для воды; 5 – блок управления; 6 – доильное ведро; 7 – тележка; 8 – электродвигатель с вакуумным насосом

Репозиторий БГАТУ

Вакуумный насос создает необходимое постоянное вакуумметрическое давление 50 кПа, не требует смазки, имеет низкий уровень шума, надежен в работе.

По желанию заказчика установка комплектуется однофазным двигателем (для электросети напряжением 220 В) или трехфазным двигателем (для электросети с напряжением 380 В).

Установка рассчитана на доение 8…10 коров за час. Позволяет плавно перейти от ручного доения к машинному, не вызывая стресса у животных.

В подсобных хозяйствах с поголовьем до 10 коров удобно использовать *передвижную доильную установку УДПС-1* (рис. 3.76) От установки АИД-01, УДИ-1, "Березка" и других она отличается тем, что на ней установлен водокольцевой насос.

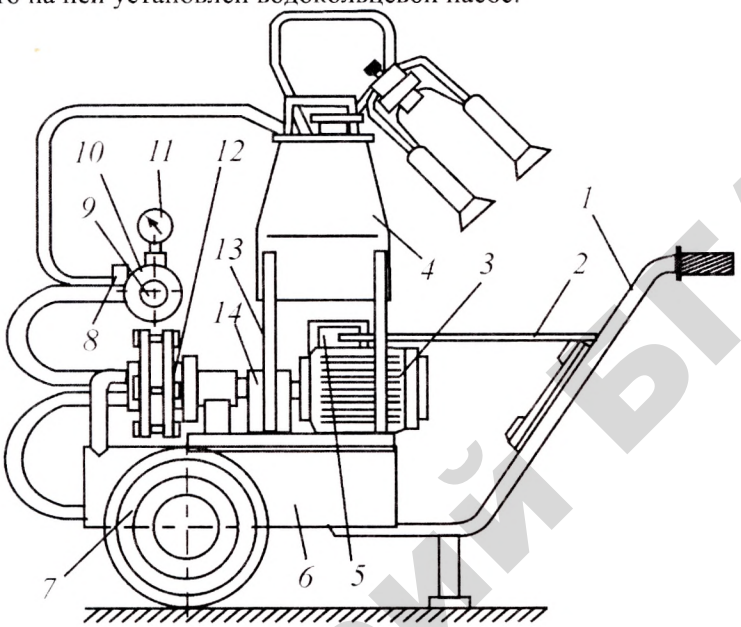


Рисунок 3.76 - Общий вид доильной установки УДПС-1

Основные технические данные доильного аппарата АИД 2 представлены в табл. 3.24.

Таблица 3.24 - Техническая характеристика доильного аппарата АИД-2

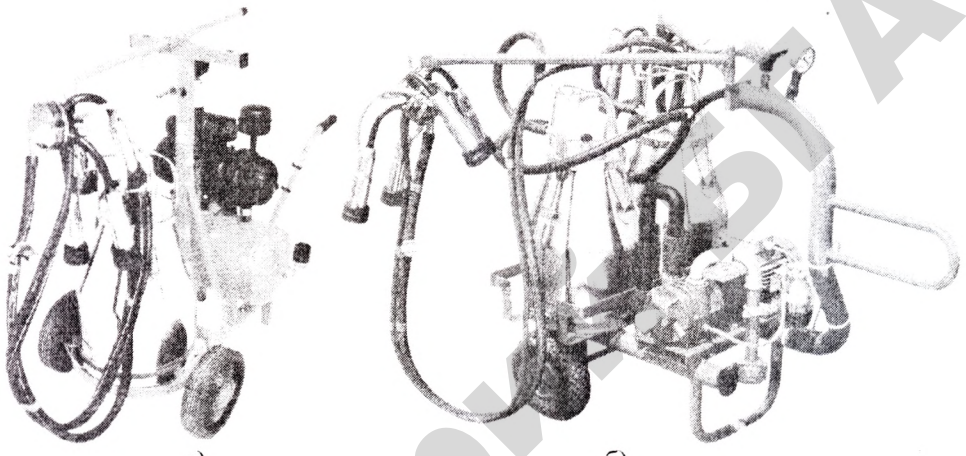
Наименование	Значение
Напряжение в сети, В	220^{+5}_{-10}
Двигатель ДКУ 105-370-8УХЛ4:	
Мощность, кВт	0,8…1,0
Частота вращения ротора, мин$^{-1}$	8000
Производительность вакуумного насоса, м^3/ч	4
Смазка:	
при температуре окружающей среды ниже +10°С	Масло индустриальное И12А или И20А ГОСТ 20799
при температуре окружающей среды выше +10°С	Масло моторное М8В2 или М10В2 ГОСТ 8581
Аппаратура доильная: ТУ 105-2-989-85:	
тип	двухтактный
частота пульсаций, пульс/мин	61±5
длительность такта сосания от продолжительности импульса, %	65±4
объем доильного ведра, дм^3	19
рабочее вакуумметрическое давление, кПа	48
Масса, кг	60

Репозиторий БГАТУ

УДПС-1 включает водокольцевой вакуумный насос 12, электродвигатель 3, бак для воды 6, вакуумный бачок, вакуумметр 11, вакуумный кран 8, доильный аппарат 4, электрокабель с вилкой 2, пульт управления 5, колеса 7, ручку 1, площадку для доильного ведра с ограждениями 13, муфту с кожухом 14 и регулятор вакуума 9.

Рабочий процесс протекает так. В бак для воды заливают около 10 л воды, а перед первым пуском в насос через шланг заливают также 0,5 л воды. Вилку кабеля подключают в однофазную сеть напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Включают электродвигатель и по вакуумметру устанавливают величину вакуума 0,5 кГс/см^2. Открывают вакуумный кран и проверяют работу пульсатора доильного аппарата. Промывают доильный аппарат. После этого начинают дойку. Закончив доение, установку промывают.

Для доения небольшого количества коров в индивидуальных и фермерских хозяйствах, компанией Gascoine Melotte LLC выпускаются мобильные доильные установки (рис. 3.77).



а) б)

Рисунок 3.77- Общий вид мобильных доильных установок:
а – с одним доильным аппаратом и одним доильным ведром;
б – с двумя доильными аппаратами и двумя доильными ведрами

Они состоят из вакуумного насоса, одного (рис. 3.77, а) или двух (рис. 3.77, б) доильных аппаратов с коллектором и пульсатором, доильных ведер (одно или два) из нержавеющей стали, установленных на тележке.

3.8 Технологический расчет линии машинного доения коров

Организовать машинное доение – значит рационально обеспечить работу людей, правильно выбрать и технически правильно эксплуатировать оборудование, подобрать коров, наиболее соответствующих машинному доению и бережно использовать их уровень продуктивности.

Коровы хорошо запоминают распорядок дня и у них создается даже очередность выдаивания. Присутствие посторонних лиц при доении коров, изменение времени и порядка обработки и доения, грубое обращение (боль, испуг), различного рода шумы негативно действуют на животных и ведут к преждевременному угасанию рефлекса молокоотдачи.

Доить коров следует в следующем порядке: сначала молодых, затем старых здоровых, потом лечившихся и в последнюю очередь больных.

Технологический расчет линии машинного доения коров сводится к определению потребного количества аппаратов, количества операторов для обслуживания всего поголовья, количества доильных установок и их производительности.

Репозиторий БГАТУ

В задачу расчета технологической линии входит установление зависимостей между заданным временем доения коров, необходимым количеством агрегатов и аппаратов, количеством доярок.

Весь процесс доения коровы условно делится на три группы: подготовительные операции, собственно машинное доение, заключительные операции. Кроме указанных операций проводимых оператором с коровой, крайне необходимо начинать процесс с оценки состояния рабочего вакуума, исправности доильных аппаратов или других устройств доения.

В *подготовительные операции* входят: обмывание вымени, вытирание его, сдаивание первых струек, массаж.

Обмывание вымени перед доением оно является мощным стимулятором рефлекса молокоотдачи, предотвращает перенос болезнетворных микробов от больных животных к здоровым и уменьшает вероятность их попадания в молоко во время доения.

Применяют *два способа обмывания* вымени перед доением: 1) из ведра; 2) струей теплой воды из распылительной воронки.

Первый способ обработки вымени допускается к использованию в крайних случаях, так как вода в ведре быстро загрязняется механическими частицами и микроорганизмами и требует постоянной смены.

Струйное обмывание вымени – это наиболее перспективное приспособление, быстро отмывающее даже сильнозагрязненное вымя и одновременно массажирующее его.

Температура воды (40…50 °С) должна быть постоянной, так как колебания ее могут привести не к стимуляции молокоотдачи, а к ее торможению. Особенно эффективна стимуляция молокоотдачи, если используют пульсирующий поток теплой воды.

После обмывания вымени любым способом его насухо вытирают бумажной или тканевой салфеткой или чистым, хорошо отжатым полотенцем.

Одновременно с обтиранием проводят энергичный массаж вымени, что в значительной степени способствует возникновению хорошо выраженного рефлекса молокоотдачи. При этом желательно также незначительно сжимать в кулаках соски и подталкивать ими основание вымени, как это делает теленок при сосании вымени. Дополнительный массаж можно осуществлять путем сжимания каждого соска у его основания – так называемое ложное доение (без выделения молока) в течение 4…5 с. При этом обмывание, обтирание и массаж вымени должны длиться не более 35…40 с.

Прежде чем приступать к надеванию доильных стаканов на соски вымени, необходимо первые струйки молока из каждого соска сдоить в отдельную посуду. Появления в молоке коров творожистых сгустков, крови, гноя, указывает на то или иное заболевание вымени. Из больной четверти молоко сдаивают в отдельную посуду. Сдаивание первых струек молока из каждого соска проводится в течение 8…12 с.

Все *подготовительные операции*, во взаимосвязи с индивидуальными особенностями коровы, длятся не более 30…60 с. Только в этом случае рефлекс молокоотдачи будет использован с наибольшим эффектом.

На *подготовленное вымя* (обмывание, вытирание, массаж, сдаивание первых струек) сразу же надевают доильные стаканы, подогретые в ведре с горячей водой (45…55 °С). *Холодные стаканы* тормозят рефлекс молокоотдачи.

В процессе доения необходимо следить за молокоотдачей. При спадании стаканов с сосков необходимо отключить вакуум, ополоснуть загрязненные стаканы водой и, слегка помассировав вымя коровы, снова надеть их на соски. Необходимо строго поддерживать постоянный вакуум и число пульсаций, не допуская передержки доильных аппаратов. Продолжительность дойки одной коровы должна быть не более 7 минут, но может быть разной.

Заключительные операции включают заключительный массаж и машинный додой, отключение аппарата. Заключительный массаж и додой (в течение 15…20 с) производят с целью извлечения последних, наиболее жирных доз молока из верхних отделов вымени. При эксплуатации пригодных коров к машинному доению с хорошим рефлексом молокоотдачи додой, как правило, не требуется. *Передержка доильных трехтактных аппаратов* не должна превышать 2 минут, а двухтактных - 1 минуту. Более длительное «холостое» доение вызывает раздражение

Репозиторий БГАТУ

цистерн сосков и вымени путем «наползания» сосков, что отрицательно сказывается на их состоянии, вызывает раздражение, а в дальнейшем и воспаление.

Контрольный ручной додой, определяемый сразу же после снятия доильных стаканов, должен быть не более 200 мл, причем из отдельной четверти не более 100 мл.

С целью профилактики заболевания коров маститом, после снятия доильных стаканов соски погружают на 2…3 секунды в 1 %-ный раствор однохлористого йода или хлорные препараты.

Кратность доения устанавливают такой, чтобы в промежутках между дойками вымя заполнялось молоком и молокообразование не затормаживалось. Обычно коров доят 2…3 раза в день, высокопродуктивных и новотельных 3…4 раза. Перед запуском число доений постепенно сокращают. При сокращении количества доений с трех до двух затраты труда снижаются на 25…30 %.

Нельзя допускать попеременного доения коров то трехтактным, то двухтактным аппаратами, применять несовершенные или неправильно работающие и имеющие большой износ доильные машины, скомплектованные из разных типов доильных установок, переделывать трехтактные аппараты на двухтактный режим работы в условиях молочных комплексов и ферм. Это ведет к увеличению числа коров, которые подвергаются заболеванием мастита.

Для *расчета процесса доения коровы* необходимо задать поголовье коров животных. Время доения всего стада или отдельной группы коров при сменно-поточном оборудовании по зоотехническим требованиям составляет $T_д$ = 2 часа. На крупных промышленных комплексах, где используется сменно-поточная система содержания животных, время доения всего стада достигает 5…6 часов.

Количество доильных аппаратов, потребное для обслуживания всего стада:

$$A_f = kmt/T_d \ , \qquad (3.41)$$

где k – коэффициент, учитывающий сухостойных коров (k = 0,9…0,85); m – поголовье животных на ферме; t – среднее время доения одной коровы, с; T_d – общая продолжительность доения всех коров, с (по зоотехническим требованиям T_d = 5400…8100 с).

При получении дробного числа доильных аппаратов, полученное значение округляем в меньшую сторону.

Один аппарат за время дойки может обслужить коров:

$$n'_{ж} = \frac{T_д}{t_ц} \ , \qquad (3.42)$$

где$t_ц$– время полного рабочего цикла доения, с.

Количество коров, которое может обслужить один оператор за время дойки (загрузка оператора), определяется уравнением:

Количество коров, которое может обслужить оператор за все время дойки, определяется

$$N_k = \left(T_d - t_ц\right)/r + 1 ,$$

где r – ритм (шаг) потока, который равен промежутку времени между окончанием доения одной коровы и окончанием доения другой, выдаиваемых последовательно одна за другой $r = t_ц/П$, с; П – интенсивность (плотность) потока, показывающая сколько коров выдаивается одновременно (при доении в переносные ведра П = 5…6, при доении на установках типа "елочка" П = 15…16).

(3.43)

Чтобы правильно организовать машинное доение коров, определяют количество обслуживающего персонала:

$$N_k = \frac{m \cdot t_p}{T_з \cdot 60} \ , \qquad (3.44);$$

где m – поголовье коров на ферме с учетом планового развития; $T_З$ – допустимое время доения и обработки молока (1,5…2 ч); $t_р$ – время на выполнение ручных операций на одну корову около 1…4 мин, или определяется по выражению$t_p = t_{осн} + t_{есп} + t_{тр,}$; $t_{осн}$ – время на выполнение основ-

Репозиторий ВГАУ

ных технологических операций, с; $t_{есп}$– время на вспомогательные операции при доении одной коровы, с; $t_{тр}$– время на транспортные операции, с.

Количество доильных аппаратов на одного оператора:

$$Z'_{ап} = \frac{t_ц}{t_р} = \frac{t_{маш} - t_р}{t_р}, \quad (3.45)$$

где $t_ц$– время полного рабочего цикла доения, с.

Расчетная производительность доильной установки определяется по формуле

$$Q_д = n_ж / T_д. \quad (3.46)$$

Определив требуемую производительность линии доения, выбираем тип доильной установки и определяем их количество:

$$Q_{ду} = Q_д / Q_{дуч}, \quad (3.47)$$

где $Q_{дуч}$ – часовая производительность доильной установки.

Количество доильных установок:

$$z_{ду} = \frac{z_{ап}^{общ}}{z_{ап}^{уст}} \quad (3.48)$$

где $z_{ап}^{уст}$– количество доильных аппаратов на одной установке, шт; $z_{ап}^{общ}$– общее количество аппаратов на всех коров, подлежащих выдаиванию, шт.

Подбор доильной установки для конкретных условий состоит в выборе *типа доильного аппарата* (двухтактного, трехтактного или специального), применяемого для стада и самой установки, соответствующей условиям содержания. Важно чтобы не допускалось сухое доение. Это возможно при большой длительности доения коров (продуктивности) и при использовании двухрежимных аппаратов с низким уровнем вакуума на заключительных фазах доения. Оператор обязан выработать четкий ритм обслуживания аппаратов и выдерживать его в процессе доения.

Доильные агрегаты выбирают в зависимости от системы содержания коров. В группы отбирают коров по физиологическому состоянию: новотельные (1…3 месяца после отела), первой половины лактации (3…6 месяца), второй половины лактации (6 и более месяцев). Группы маток формируют по продолжительности времени выдаивания и скорости молокоотдачи. Порядок движения коров на дойку должен быть организован с учетом их физиологического состояния: в начале новотельные, затем первой половины лактации и после второй половины лактации.

Соблюдение правил техники доения коров способствует получению максимального удоя. Если данные хронометража сильно отличаются от научно обоснованных данных, то расчет может быть проведен на период пуска установки и второй расчет – после соответствующей подготовки обслуживающего персонала.

Практическое занятие. Выбор доильной установки.

По условиям дано:

– поголовье доильных коров на ферме n=400 гол;

– время машинного доения 4 мин;

– время ручных операций 2мин;

–время доения одного животного (время цикла) t=6 мин.

Количество доильных аппаратов $Z_{ап}$, потребное для обслуживания всего поголовья дойных коров на ферме, определяется по формуле

$$z_{ап} = \frac{n_ж \cdot t_ц}{T_д} = \frac{400 \cdot 6}{100} = 24 \ апп$$

где $n_ж$– количество дойных коров на ферме, гол., $n_ж$ =400 гол.; $t_ц$– среднее время доения одного животного, мин. (время цикла), $t_ц$=6 мин; $T_д$– общая продолжительность дойки, мин., $T_д$=90…135мин, принимаем $T_д$=100 мин.

Репозиторий БГАТУ

Оптимальное количество аппаратов $Z_{ф.ап,}$ с которым может работать один дояр без простоев, можно определить, если допускать, что все ручные операции выполняются им за время $t_р$, кратное времени полного рабочего цикла (времени доения t одного животного).

Тогда

$$z_{ф.ап} = \frac{t}{t_р} = \frac{6}{2} = 3.$$

Число дояров $n_{обс}$, необходимое для обслуживания указанного поголовья, определяется по формуле

$$n_{обс} = \frac{z_{ап}}{z_{ф.ап}} = \frac{24}{3} = 8.$$

Пропускная способность W доильной установки за время $T_д$=100 мин (на одного дояра) определяется по формуле

$$W = \frac{T_д - t_р\left(z_{ф.ап} - 1\right)}{t_ц} = \frac{100 - 2(3-1)}{6} = 48.$$

Тогда общая пропускная способность доильной установки $W_{общ}$ на тринадцать дояров ($n_{обс}$= 8дояров) будет равна:

$$W_{общ} = W \cdot n_{обс} = 48 \cdot 8 = 384.$$

Далее часовая производительность доильной установки $W_{ду}$ (при работе восьми дояров) определяется из выражения

$$W = \frac{W_{общ} \cdot 60}{T_д} = \frac{384 \cdot 60}{100} = 230$$

Часовая производительность $W_ч$ одного дояра определяется по формуле

$$W_ч = \frac{W_{д.ч}}{n_{обс}} = \frac{230}{8} = 28{,}8 = 29.$$

Зная по расчетам количество доильных аппаратов (24 аппарата), оптимальное количество доильных аппаратов для одного дояра (3 аппарата), число дояров, необходимых для обслуживания всего поголовья (8 человек), часовую производительность доильной установки (230 коров/ч), выбираем необходимое количество доильных установок (комплектов доильных установок).

Для подбора оборудования примем следующие данные: ферма крупного рогатого скота с поголовьем $n_ж$ =400гол., среднегодовой надой на корову $Q_{ср.\ год}$=4900 л/год, доение производится АД-100А, доение на ферме двухразовое.

Определяем средний суточный удой по формуле

$$Q_{сут.ср} = \frac{n_ж \cdot Q_{ср.год}}{365} = \frac{400 \cdot 4900}{365} = 5369{,}9 \text{ л/сут.},$$

где $Q_{сут.\ ср}$– средний суточный удой на ферме, л/сут.; $n_ж$– количество коров на ферме,$n_ж$ = 400 гол.; $Q_{ср.\ год}$– среднегодовой удой на корову, $Q_{ср.\ год}$= 4900 л/год.

Максимальный суточный удой суточной неравномерности н находится из выражения:

$$Q_{\max сут} = Q_{ср.год} \cdot \alpha = 5369{,}9 \cdot 2{,}0 = 10739{,}7 \text{ л/сут.},$$

где $Q_{сут.\ мах}$– максимальный суточный удой на ферме, л/сут.; α– коэффициент суточной неравномерности удоя, α = 1,5…2,5; принимаем α= 2,0.

Суточный удой на ферме поступает неравномерно. Определено, что при двухразовом доении утром поступает примерно 60 % суточного удоя, а в вечернюю дойку 40 % суточного удоя. Для подбора оборудования необходимо определить разовый удой (утренний, вечерний). Он учитывается коэффициентом неравномерности поступления молока и определяется по формуле

$$Q_{раз} = Q_{сут.\ мах}\ \beta,$$

Репозиторий БГАТУ

где $Q_{раз}$– разовый удой молока на ферме (утренний, вечерний), л; β– коэффициент неравномерности поступления молока в течение суток, β_1 = 0,6 и β_2 = 0,4 (при двухразовой дойке);

$$Q_{раз.утр} = Q_{сут.\ мах}\beta_1 = 10739{,}7 \cdot 0{,}6 = 6443{,}8 \text{ л.}$$

где $Q_{раз.утр}$– утренний удой молока на ферме; β_1– коэффициент неравномерности поступления молока на утренней дойки, β_1=0,4.

$$Q_{раз.веч.} = Q_{сут.\ мах}\beta_2, = 10739{,}72 \cdot 0{,}4 = 4295{,}9 \text{ л.}$$

где $Q_{раз.веч.}$– вечерний удой на ферме, л; β_2– коэффициент неравномерности поступления молока с вечерней дойки, β_2= 0,4,

После расчетов имеем следующие данные:

$Q_{сут.\ мах}$= 10739,7, л/сут;
$Q_{раз.утр}$ =6443,8, л.;
$Q_{раз.веч}$=4295,9, л.

Определяем необходимые параметры машин технологической линии, подбираем машины по каталогу (справочнику) и пересчитывают работу машин на фактическое время по формуле

$$T_ф = \frac{Q_{\max.птл}}{Q_{маш}} = \frac{6443{,}8}{45000} = 0{,}14 \text{ ч,}$$

где $Q_{мах.птл}$ – максимальное расчетное количество продукта, подлежащего обработке на поточной технологической линии (или на машине) л; $Q_{маш}$– производительность вакуум-насоса доильной установки АД-100А, л/ч; $T_ф$– фактическое время работы линии (или машины), ч.

Установка АД-100А утром работает 0,14ч.=8,4мин.

Установка АД-100А вечером работает:

$$T_ф = \frac{4295{,}88}{45000} = 0{,}095, \text{ ч.}$$

Энергетический расчет. Общая установленная мощность оборудования в молочной (включая освещение):

$$P_{общ} = P_{осв} + P_{нас},$$

где $P_{нас}$– установленная мощность вакуум-насосов; $P_{осв}$– установленная мощность освещения, кВт;$P_{осв}=q_{осв}\ S,;$ $q_{осв}$– удельная величина освещения помещения, Вт/м^2; $q_{осв}$ = 4 Вт/м^2; S– площадь молочной, м.

Площадь определяется умножением площади, занимаемой машинами и механизмами S ', на коэффициент увеличения площади $к$ =3–5, принимаем $к$ =5;

Тогда

$$S = S'к = 62 \cdot 5 = 310 \text{ м}^2,$$

где S' = 62 м^2 – площадь, занимаемая машинами.

Тогда

$$P_{осв} = 4 \cdot 310 = 1240 \text{ Вт} = 1{,}24 \text{ кВт.}$$

$P_{нас}$– установленная мощность четырех вакуум-насосов УВУ-45 доильных установок АД-100А, $P_{нас}$ =4·3 =12кВт.

Тогда

$$P_{общ} = 1{,}24 + 12 = 13{,}24 \text{ кВт.}$$

Далее находим общий расход электроэнергии за сутки по формуле

$$W_{общ} = P_{осв}\, t_{осв} + P_{нас}\, t_{нас},$$

где $t_{осв}$ – время работы освещения, ч. $t_{осв} = t_{осв(утр)} + t_{осв(веч)}$; $t_{осв(утр)}$ – время работы освещения в утреннюю дойку, $t_{осв(утр)}$ =3ч.; $t_{осв(веч)}$– время работы освещения в вечернюю дойку, $t_{осв(веч)}$=3ч.

Тогда

$$t_{осв} = 3 + 3 = 6 \text{ ч;}$$

$t_{нас}$– время работы вакуум-насосов, ч,

$$t_{нас} = t_{нас(утр)} + t_{нас(веч)},$$

Репозиторий БГАТУ

где $t_{нас(утр)}$ – время работы вакуум-насосов УВУ-45 доильных установок АД-100А в утреннюю дойку, $t_{нас(утр)}$=1 ч. 40мин; $t_{нас(веч)}$– время работы вакуум-насосов УВУ-45 доильных установок АД-100А в вечернюю дойку, $t_{нас(веч)}$ = 1 ч. 40мин..

Тогда

$$t_{нас}=1 \text{ ч. } 40\text{мин}+1 \text{ ч. } 40\text{мин}=3\text{ч.}20 \text{ мин.}=3{,}3 \text{ ч.}$$

Долее подставляем расчетные данные и находим общий расход электроэнергии:

$$W_{общ}=1{,}24\cdot 6+12\cdot 3{,}3=47{,}04 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Таким образом выбранного примера рассчитан общий расход электроэнергии доильной установки.

3.9 Доильные роботы и автоматы

3.9.1 Устройство и работа доильных роботов

Первые роботы были выпущены в 1980-х гг. в Западной Европе. Разработкой роботизированных систем занимались фирмы "Lely" и "Prolion" (Нидерланды), "Fullwood" (Великобритания), "Alfa-Laval-Agri" (Швеция), "Westfalia Landtechnik" (Германия), "Gascoigne Melotte" (Франция) и др.

Модуль доильный универсальный МДУ-1 (рис. 3.78) предназначен для автоматизированного доения коров со сбором молока в доильное ведро на универсальной доильной станции типа УДС-3 и ее модификациях в летних лагерях и на пастбищах. Модуль доильный монтируется на станции УДС-3, состоит из доильного аппарата, пульсатора АДУ.02.000.01, пневмодатчика МДФ.02.010 и позволяет без участия доярки выполнить следующие операции доения: машинное доение; контроль за процессом доения; машинное додаивание при снижении молокоотдачи; отключение доильного аппарата и снятие его с вымени коровы; вывод аппарата из-под вымени для свободного выхода коровы из стакана.

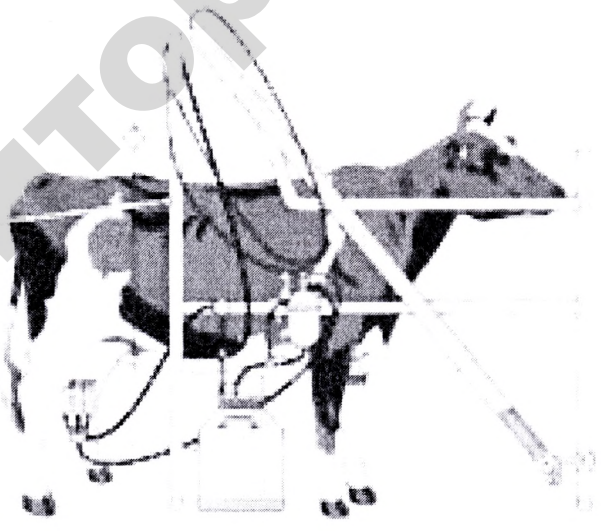


Рисунок 3.78 - Модуль доильный универсальный МДУ-1

Своевременное автоматическое додаивание (путем оттягивания доильных стаканов за коллектор вниз и вперед к голове коровы, которое открывает каналы, соединяющие цистерны соска и вымени) позволяет увеличить полноту выдаивания, не травмирует соски вымени, что практически исключает заболевание маститом. Отличительная особенность модуля состоит в том, что устройство додоя и вывода доильного аппарата выполнено в виде гофрированного элемента, один конец которого через нить додоя закреплен на коллекторе доильного аппарата.

Доильный аппарат с помощью вертикального регулируемого подвеса закреплен на вращающейся штанге, и при автоматическом снятии с вымени по окончании дойки удерживается

Репозиторий БГАТУ

от падения на пол. Доильное ведро модуля снабжено специальной крышкой, которая позволяет с помощью гофрированного трубопровода осуществлять подачу молока из ведра в молокопровод станции УДС-3.

Основные технические характеристики доильного модуля МДУ-1 представлены в табл. 3.25.

Таблица 3.25- Технические характеристики доильного модуля МДУ-1

Показатель	Значение
Производительность, голов/час	8…12
Остаточное молоко, г	до 100
Датчик молокоотдачи	МДФ.02.010
Интенсивность молоковыделения, при которой начинается машинное додаивание, г/мин	400
Интенсивность молоковыделения при снятии доильных стаканов, г/мин	200
Рекомендуемое число модулей для обслуживания одним оператором, шт	4
Вакуумметрическое давление, кПа	48±1
Масса модуля, кг	не более 30

Доильный робот "Astronaut" фирмы "Lely" состоит из доильного бокса с размерами 4,5×2,5×2,5 м (рис. 3.79). При входе коровы в бокс происходит ее идентификация, и компьютер определяет: необходимость доения коровы сейчас, или немедленно выпустить ее из бокса. Если необходимо доить корову, то в кормушку выдается порция 1,5…2,5 кг концентрированного корма. Движение животного сзади ограничивается специальным манипулятором 1. Примерно через 10 с после позиционирования коровы рука 8 робота захватывает устройство 9 для обмыва вымени с двумя роликами, покрытыми хлопчатобумажной тканью, увлажненной водой, и подводит под вымя животного. Определяется место расположения сосков и начинается процесс их очистки вращающимися в разные стороны роликами. После очистки рука робота отводит ролики в специальную выемку, где происходит их промывка водой и обеззараживание дезинфицирующими растворами.

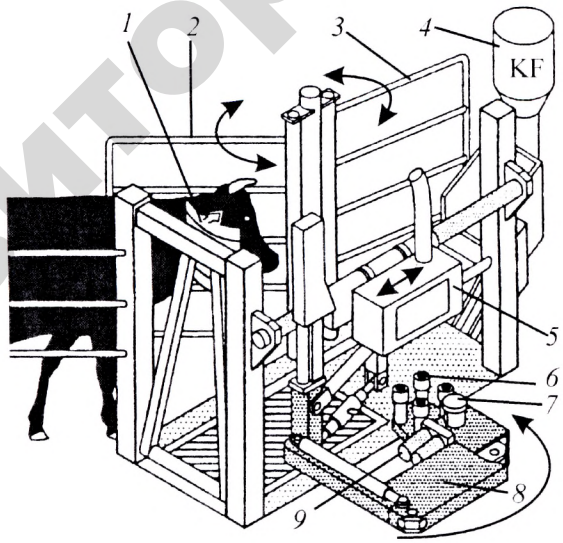


Рисунок 3.79 - Схема доильного робота «Astronaut»:
1 – манипулятор позиционирования животного; 2 – входная дверца; 3 – выходная дверца; 4 – автоматическая кормораздаточная станция; 5 – блок регулирования перемещения руки; 6 – доильные стаканы; 7 – лазерные датчики; 8 – рука робота; 9 – ролики обмыва вымени

Рука робота снова подводится под корову, но уже с доильным аппаратом 6 и с помощью лазера 7 начинается его позиционирование. Для позиционирования в качестве точки отсчета

Репозиторий БГАТУ

служат передние соски, по окончании позиционирования робот начинает последовательно надевать доильные стаканы на соски, начиная с задних четвертей вымени. При этом подвижная тестовая плита передает движение коровы с помощью ультразвукового датчика руке робота, которая повторяет движения коровы. При неудачной попытке надеть доильные стаканы робот делает еще две дополнительные попытки. При неудачной третьей попытке робот выпускает корову, выдает звуковой сигнал и сообщение на дисплей компьютера. Первые струйки молока сдаиваются в специальный резервуар. Количество надоенного молока и его электропроводность из каждой четверти вымени животного поступает по отдельному молокопроводу. Доильные стаканы снимаются с каждого соска вымени отдельно, по мере прекращения из него молокоотдачи.

Главной особенностью доильного робота Astronaut A4 фирмы «Lely» (Нидерланды) является специальная конструкция доильного бокса, обеспечивающая сквозное прохождение коров (рис. 3.80, а). В конструкции реализована концепция свободного потока «I-flow», позволяющая коровам, не сворачивая, быстро заходить в доильный бокс и также быстро выходить из него. Бокс очень просторный, поэтому коровы не ограничены в движениях. Это способствует тому, что они добровольно заходят в бокс и не сворачивая, выходят из него. Конструкция бокса обеспечивает животным непрерывное взаимодействие с остальными членами стада, предупреждая вероятность стресса. Кроме того, быстрому выходу коровы из доильного бокса также способствует отвод в сторону кормушки сразу после доения.

а) б)

а) общий вид; б) рука-манипулятор

Рисунок 3.80 - Доильный бокса робота Astronaut A4

Важнейшей частью новой модульной роботизированной доильной системы Lely Astronaut A4 является автономный центральный блок, который может обслуживать до двух доильных модулей, разнесенных на расстояние до 30 м.

Концепция функциональных возможностей исполнительных механизмов робота не изменилась - рука-манипулятор обслуживает один доильный бокс и после установки доильных стаканов остается под выменем животного, контролируя весь процесс доения (рис. 3.80, б). Это позволяет быстро устанавливать доильные стаканы на вымя животного, совершая при этом меньше движений руки-манипулятора и не беспокоя корову при подготовке к доению. Кроме того, при преждевременном спадании доильных стаканов с вымени такое расположение манипулятора исключает их загрязнение и позволяет очень быстро установить их на место. Широта зоны действия манипулятора обеспечивает подключение доильных стаканов на высоко- и низкорасположенное вымя, а также на вымя с неправильным расположением сосков. Перемещение руки-манипулятора дополнительно контролируется установленным сверху трехмерным датчиком, что позволяет манипулятору точно и плавно достигать самых отдаленных зон.

Учет физиологических особенностей животных ведется с помощью пульсатора 4Effect, который обеспечивает настройку режима доения для каждой четверти вымени. Доильный робот оснащен инновационной системой контроля качества молока MQC. Эта сенсорная система для каждой четверти вымени проверяет цвет, электропроводимость, скорость молокоотдачи, длительность доения и температуру молока, обеспечивая максимальный контроль качества. При каждом доении проводится анализ содержания жира, белка и лактозы, что позволяет контролировать продуктивность стада. Роботы Astronaut A4 могут дополнительно оснащаться сен-

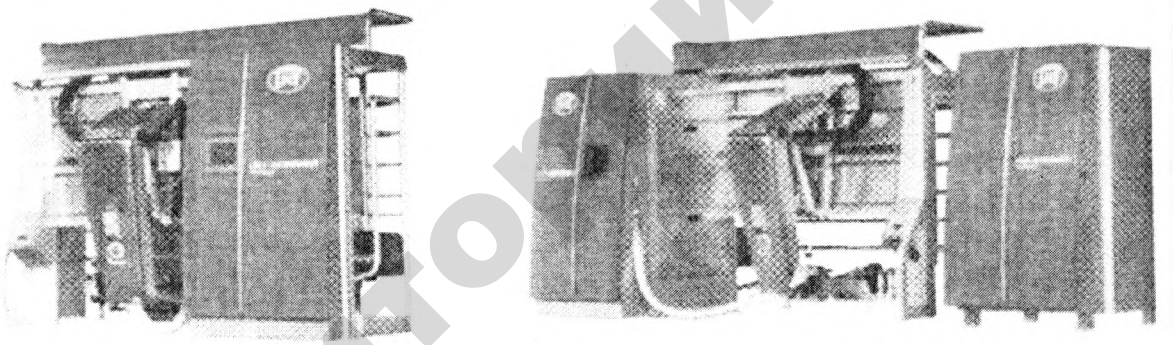
Репозиторий БГАТУ

сорной системой второго поколения MQC-C, которая позволяет в режиме on-line определять количество соматических клеток в молоке из каждой доли вымени.

Для эффективного менеджмента молочного стада система управления доильного робота оснащена усовершенствованным программным обеспечением T4C, которое позволяет в режиме реального времени отображать все данные о каждой корове на экране компьютера в виде понятной и легко читаемой графической информации, а также накапливать и сохранять их. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает оператора о сбоях в технологическом процессе. Кроме того, она реализует функцию дистанционного управления работой доильного робота, что облегчает работу сервисной службы, так как некоторые проблемы в работе робота могут быть решены путем дистанционной диагностики. Контроль за работой робота на месте ведется с помощью системы управления с сенсорным экраном X-LINK.

При установке дополнительного модуля динамического кормления (DLM) система управления робота получает возможность автоматически определять экономически целесообразную норму выдачи корма каждой корове исходя из результата решения компромиссной задачи «затраты-прибыль». В этом Случае можно судить не о ферме, производящей максимальное количество молока, а о предприятии, обеспечивающем максимальную экономическую выгоду.

Исходя из требований рынка компания «Lely» выпускает две модели робота AstronautA4: Operator и Manager (рис. 3.81). Модель Operatorоснащена оцинкованным стойлом и пультом управления E-linkManager с высококачественным 10-дюймовым цветным сенсорным экраном, который обеспечивает выполнение всех основных функций для эффективного управления роботом.



а) б

Рисунок 3.81 – Доильный робот Astronaut A4:
а) модификация Operator; б) модификация Manager

Модель Manager изготовлена из нержавеющей стали и оснащена усовершенствованным пультом управления E-link Manager с 12-дюймовым цветным сенсорным экраном, позволяющим легко работать с программой T4C и обеспечивающим управление на месте.

Многобоксовая роботизированная доильная установка "Liberty" фирмы "Prolion" включает до 4-х боксов, обслуживаемых одной рукой (рис. 3.82).

При входе коровы происходит ее идентификация и принимается решение о необходимости доения. При положительном решении в кормушку выдается соответствующая порция концентрированного корма. Предварительное позиционирование животного осуществляется за счет перемещения передней стенки с кормушкой (размеры животного занесены в компьютер). Затем рука робота перемещается в доильный бокс, захватывает боковой консоль с доильным аппаратом и подводит его под вымя животного. Места расположения сосков вымени определяются двумя ультразвуковыми датчиками. При этом относительной точкой отсчета является передний правый сосок, координаты которого определяет один из ультразвуковых датчиков. Другой датчик, перемещаясь сверху вниз, определяет расстояния между относительной точкой

Репозиторий БГАТУ

и другими сосками. При движении животного подвижный модуль соответственно изменяет свое положение.

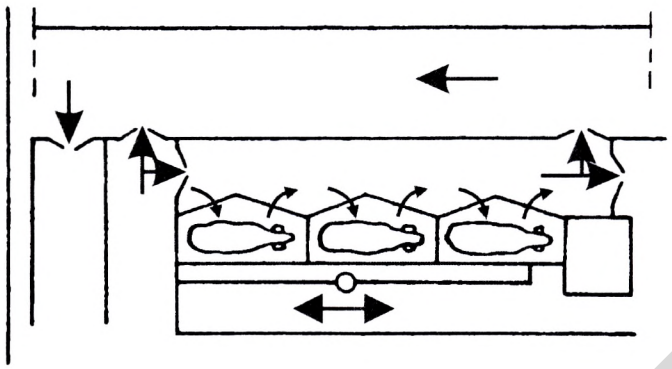


Рисунок 3.82 - Технологическая схема работы доильного робота "Liberty"

При завершении позиционирования последовательно надеваются на отдельные четверти вымени доильные стаканы и начинается процесс обмыва сосков в стаканах струями воды. Использованная вода вместе с первыми струйками молока отводится в специальный бак. Через 8...10 с после этого начинается процесс доения. Количественные показатели и электропроводность контролируются по каждой четверти вымени.

После надевания доильных стаканов рука робота возвращается в исходное положение и может использоваться в других боксах. Под выменем животного доильный аппарат поддерживается при помощи специального бокового консоля. По окончании доения доильные стаканы спадают с сосков вымени и консолем возвращаются в исходное положение. Передняя стенка с кормушкой отходит от коровы, открывается дверца, и корова выходит из бокса.

Поставляемые во Францию доильные роботы "Miros" фирмы "Manus" отличаются от доильных роботов "Liberty" только доильной аппаратурой, которая разработана фирмой "Manus".

Однобоксовый доильный робот "Merlin", выпускаемый фирмой Fullwood", ориентирован наробот "Astronaut" фирмы "Lely". Программное обеспечение и технология доения этого робота разработаны в Великобритании. Основными отличиями робота "Merlin" от робота "Astronaut" заключаются в следующем:

– идентификация и регистрация всех перемещений животного осуществляется с помощью шагомера, закрепленного на ноге коровы;

– используется энергосберегающая система шестиминутной промывки и дезинфекции доильного оборудования кипящей водой.

Доильный робот фирмы "Alfa-Laval Agri" марки VMS (Voluntary Milking System) имеет следующие отличительные особенности:

– использование пневматической системы для привода некоторых элементов робота (в том числе и механизмы надевания и съема доильных стаканов);

– применение четырехточечного механизма подвески доильных стаканов, обеспечивающих их перемещение в горизонтальной плоскости.

Роботизированная доильная система "Duvelsdorf" (фирма "Westfalia") включает 2...4 бокса тандемного типа, установленных в ряд. К ним подключен дополнительный бокс мойки и селекции коров, благодаря чему увеличивается производительность всей установки в целом.

Система работает следующим образом. Для подготовки коровы к доению входящая в доильный зал корова удерживается в боксе селекции, где промывается ее вымя. Рычаг робота с круглой щеткой выдвигается под корову. Для очистки сосков и вымени щетка с поступающей к ней промывочной водой вращается, движется вперед и назад. По истечении установленного заранее времени подача воды прекращается и щетка высушивает вымя. После корова входит в один из доильных станков, идентифицируется, и компьютер принимает решение о необходимости доения животного. Затем рука этого робота захватывает доильный аппарат и перемещает под вымя, с помощью ультразвуковых и оптических датчиков определяет месторасположение

Репозиторий БГАТУ

сосков (при загрязнении оптических датчиков они автоматически промываются влажной губкой). Доильные стаканы надеваются последовательно. При этом если корова изменяет свое положение, то рука робота тоже перемещается. Одна рука робота обслуживает все доильные боксы, перемещаясь по специальной направляющей. Процесс доения, снятия доильных стаканов, контроль качества и количества молока осуществляется аналогично другим автоматизированным системам доения.

Фирма "Gascoigne Melotte" разработала роботизированную систему "Zenith", состоящую из одного доильного бокса, сконструированного в виде комбинированной секции для доения и раздачи концентрированных кормов. Позиционирование животного осуществляется при помощи стенки. Доение ведется через задние ноги животного. Удары по доильному аппарату исключаются при помощи двух специальных скоб. Рука робота удерживает доильный аппарат во время всего процесса доения.

Развитие автоматизированных систем доения идет в двух направлениях: один бокс с одной рукой робота и роботизированная система из нескольких доильных боксов, обслуживаемых одной рукой.

Производительность однобоксовых доильных роботов до 60 коров в сутки. Для крупных молочных ферм могут быть использованы несколько однобоксовых роботов или одна многобоксовая роботизированная доильная система.

Так, доильный робот MR-S1 и его последняя версия MR-D1 фирмы «BouMatic» теперь представляет собой компактный модуль, объединяющий основные узлы и агрегаты системы в единое целое: два доильных бокса размещены в рамках единой конструкции параллельно друг другу, вход и выход животных из которых оборудован с противоположных сторон. Остальные элементы робота, включая манипулятор для автоматического подключения доильных стаканов к соскам вымени, смонтированы в задней торцевой части доильного модуля.

Обслуживание животных в доильных боксах рукой-манипулятором (очистка сосков и надевание доильных стаканов на вымя) осуществляется не сбоку, как это предусмотрено в других доильных роботах, а между задних ног коров.

Корова, входящая в пространство робототехнической системы, распознается системой управления, которая регистрирует дату, время, продолжительность процесса доения и другие индивидуальные сведения каждой коровы, а также всю информацию о производстве и качестве молока всего стада. Для очистки сосков вымени и сдаивания первых струек молока используется специальный доильный стакан.

Система управления контролирует и уровень вакуума в системе для обеспечения оптимальных режимов доения коров, обеспечивает раздельное доение каждой четверти вымени коровы с автоматической дезинфекцией сосков после доения. Молоко, не соответствующее стандарту качества, отделяется от общего удоя и направляется в один из четырех сборников. При этом в систему управления передается информация о животных, молоко которых не соответствует стандарту качества, с регистрацией их в специальном журнале. При необходимости эти данные могут быть отправлены на смартфон или iPad. Это позволяет обслуживающему персоналу своевременно принять меры для устранения возникших проблем.

Комплект оборудования модуля робота с двумя боксами полностью собирается на заводе и тестируется, что обеспечивает быстрый и эффективный ввод в эксплуатацию роботизированной системы на ферме.

Новая концепция построения доильной системы и схемы обслуживания животных направлена, прежде всего, на повышение компактности и надежности работы системы, удобства работы с системой управления и сохранности здоровья вымени животных.

Фирма «DeLaval» (Швеция) актуализировала программное обеспечение и оптимизировала процесс надевания и снятия с сосков вымени доильных аппаратов в роботизированной доильной установке VMS. Предусмотрена возможность предоставления по запросу оператору информации о текущей очереди коров, ожидающих дойки, причем информация и позиция каждой коровы выводятся на экран сенсорного дисплея.

Совершенствование процесса подключения доильных стаканов к соскам вымени коровы достигнуто благодаря гидравлическому приводу многофункциональной руки-манипулятора робота, рассчитанного на работу в диапазоне движений человеческой руки. Это значительно

Репозиторий БГАТУ

облегчило обслуживание коров с отклонениями геометрических параметров сосков и вымени от стандартных требований. Высокая надежность гидравлического привода позволяет значительно снизить затраты на сервис.

Быстрый и точный поиск сосков обеспечивается благодаря оптической камере и двум лазерным устройствам, совместное использование которых позволяет в режиме реального времени получать точные сведения о геометрических параметрах сосков и вымени животного. Усовершенствовано и программное обеспечение, позволяющее выбирать наиболее подходящую схему поиска сосков для каждого животного, что особенно важно при доении коров со сложной формой вымени. Благодаря функции Auto-Teach VMS самостоятельно определяет месторасположение сосков новой коровы и сохраняет полученную информацию в собственной базе данных, а у оператора появляется определенное количество свободного времени.

Особое внимание разработчики уделили соблюдению роботом высоких гигиенических стандартов доения, что позволяет получать молоко самого высокого качества. Одна из наиболее сильных сторон VMS - подготовка сосков вымени к доению, для чего применяется специальный стакан, который по очереди для каждого соска выполняет следующие операции: очистку теплой водой, стимулирование, сдаивание первых струек молока, сушку. Использование отдельного стакана для предварительной подготовки сосков к доению позволяет полностью исключить попадание остатков от первых струек молока и промывочной воды в молочную линию и далее в молоко. Ополаскивание доильных стаканов внутри и снаружи перед доением каждой коровы и наличие нескольких режимов автоматической обработки сосков дезинфицирующим раствором после доения позволяют поддерживать гигиену вымени коров стада на высоком уровне. Встроенный навозный лоток и программируемая автоматическая мойка пола обеспечивают круглосуточное содержание установки в безупречно чистом состоянии.

Основой обеспечения здоровья вымени животных является постоянный контроль с помощью четырех оптических датчиков (по одному на каждую четверть) выдаиваемого из каждой четверти молока по следующим параметрам: уровень надоя, скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность молока и содержание крови в нем. В дополнение к этому фирма предлагает свою инновационную разработку - счетчик соматических клеток в потоке молока OCC (поставляется по заказу). Счетчик автоматически проводит отбор пробы молока при каждой дойке, смешивает её с контрольным реактивом и в течение 1 мин совместно с центральным компьютером производит оценку каждой пробы. Животные с повышенным содержанием соматических клеток в молоке регистрируются в отдельном журнале. Комплексное использование предлагаемого фирмой аппаратурного оснащения для диагностики здоровья вымени животных позволяет на ранней стадии обнаружить начальные признаки мастита и принять своевременные меры. Молоко с повышенным содержанием соматических клеток, крови или при лечении коров антибиотиками направляется в одну из трех дополнительных емкостей или дренажный канал. Модуль для отделения не соответствующего нормативным параметрам молока размещается в любом удобном для обслуживающего персонала месте.

В соответствии с известным принципом «включи и дои» робот VMS поставляется потребителю в собранном и готовом к подключению состоянии. По заявлению фирмы работа монтажников в основном сводится к подключению шести магистралей, что позволяет не только сократить затраты труда монтажных работ на 30%, но и снизить время настройки и долю неисправностей, возникающих при монтажных работах.

Взаимодействие всех блоков VMS между собой и реализация поставленных задач осуществляются системой управления, оснащенной компьютерной программой VMS Management. Основная рабочая панель программы - «Мониторинг коров» в режиме реального времени отображает коров, на которых следует обратить внимание в первую очередь. Программа позволяет оптимизировать интервалы между доениями за счет наличия функции автоматической настройки разрешений на доение. При этом информационной базой для работы автоматической настройки являются сведения о прогнозируемом уровне надоя, порядковом номере и стадии лактации каждой коровы. Использование функции автоматической настройки разрешений на доение позволяет увеличить величину обслуживаемого поголовья коров за счет снижения частоты посещения робота животными, находящимися на начальной или заключительной стадии лактации (из-за снижения молочной продуктивности коров в этот период можно перевести с трехкратного доения на двукратное).

Репозиторий ГГАУ

Система управления VMS контролирует также и работу вакуумного насоса, благодаря чему его производительность строго соответствует требуемому вакууму в данный момент времени. Такое решение позволяет экономить до 60% электроэнергии от количества, расходуемого ранее без регулирования производительности вакуумного насоса.

С учетом разнообразных требований, которые предъявляет рынок к автоматизированным системам доения, фирма «DeLaval» выпускает три типа доильных роботов: VMS™, VMS™ Supra, VMS™ Supra+.

Доильный робот VMS™ оснащен системой контроля молока по интегральному показателю MDi и календарем каждой коровы. Система MDi определяет электропроводность молока и состав крови из каждой четверти вымени для установления интервалов между доениями и предупреждения о возможном риске заболевания маститом. Календарь коровы информирует об её готовности к осеменению в соответствии с 21-дневным циклом и данными по измерению активности.

Доильный робот VMS™ Supra (рис. 3.83) помимо системы MDi оснащен счётчиком соматических клеток в режиме реального времени OCC и системой управления Del Pro Management System, в которой объединены календарь коровы с дистанционными устройствами измерений активности коров. Это обеспечивает высокую точность определения половой охоты животного.

Рисунок 3.83 – Доильный робот VMS™ Supra

Доильный робот VMS™ Supra+«оснащен системой сопровождения стада DeLaval HerdNavigator™, которая позволяет выявлять коров, находящихся в охоте с точностью до 95%. Кроме того, она определяет коров, находящихся в состоянии тихой охоты, обнаруживает выкидыши, кисты и подтверждает стельность коров. HerdNavigator выявляет также коров с высоким риском заболевания кетозом или маститом до появления видимых клинических признаков. Все операции выполняются автоматически и представляются в виде списка системы управления DelPro™ Farm Manager.

С учетом повышенного спроса крупных молочных ферм на доильные залы роторного типа фирма «DeLaval» разработала автоматизированную доильную карусель (Automatic Milking Rotary) DeLaval AMR™ (рис. 3.84). Впервые среди доильных залов этого типа она оснащена роботизированными манипуляторами для подготовки вымени животного к доению, надевания доильного аппарата и дезинфекции сосков вымени после доения (можно устанавливать до пяти манипуляторов). При этом обслуживающий персонал освобождается от тяжелой и рутинной физической работы (обеспечивает снижение числа работников), сокращается время доения коров. Благодаря продлению времени работы эта система по сравнению с традиционными доильными каруселями обеспечивает большую пропускную способность, что положительно сказывается на экономических результатах производства.

Компания «GEA Farm Technologies» предлагает концепцию построения роботизированных доильных систем в виде доильного центра, который обеспечивает оператору оптимальные

Репозиторий БГАТУ

условия работы со стадом. Доильный центр - это не просто бокс, где доят коров, а рабочее место, на котором сконцентрированы все необходимые функции и оборудование, который состоит из основного модуля - доильного робота, системы охлаждения и танка-охладителя, секций ожидания, отбора и отела; комнаты управляющего стадом и технической комнаты. Для реализации новой схемы построения доильного центра «GEA Farm Technologies» разработала многобоксовый доильный робот Mlone (рис. 3.85), конструктивное исполнение которого позволяет расширить систему от одного до пяти доильных боксов.

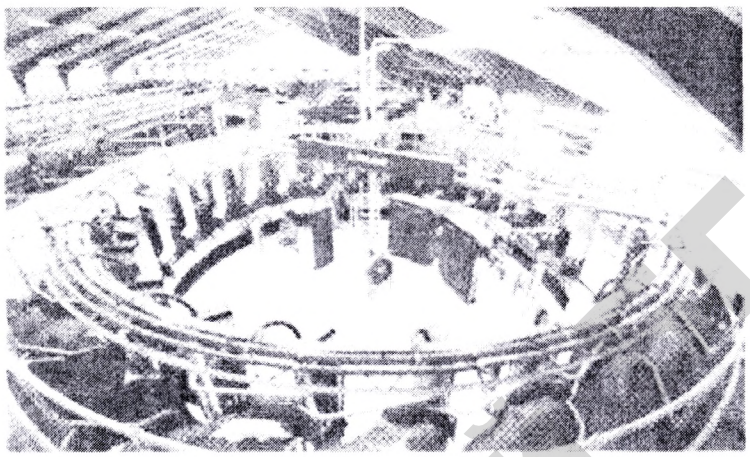


Рисунок 3.84 – Автоматизированная доильная карусель De Laval AMR™

Основные преимущества доильного центра с многобоксовой роботизированной доильной системой: возможность расширения; монтаж дополнительных доильных боксов путем фланцевого крепления к имеющейся установке; не требуются большие инвестиции, так как дорогостоящая техника приобретается только один раз; лучше используются ресурсы, поскольку все боксы обслуживаются одной рукой-манипулятором, вакуумным насосом, управляющим компьютером, системой промывки, молочным фильтром, что позволяет использовать электроэнергию с максимальной эффективностью; гибкая организация рабочего процесса; экономия рабочего времени благодаря общей оптимальнюй концепции построения доильной системы.

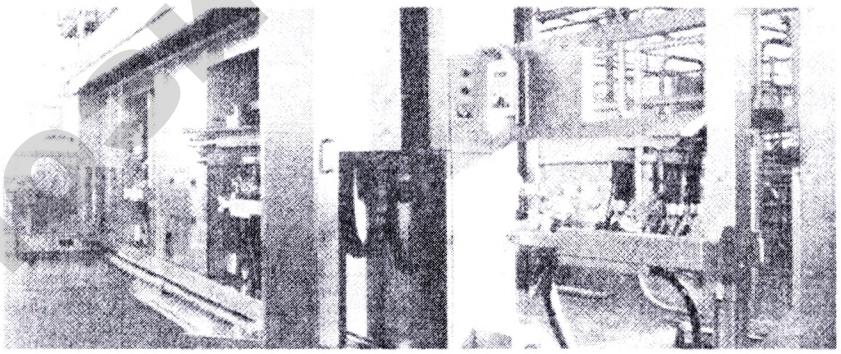


Рисунок 3.85 – Многобоксовый доильный робот Mlone

Для эффективного использования робота применяется принцип селективного отбора готовых к доению коров (в стандартной комплектации оборудования). Животные, распознанные компьютером как готовые к доению, направляются в секцию ожидания доильного робота. Все остальные, не готовые к доению животные, направляются в секцию кормления. Это обеспечивает доступ к роботу только готовых к доению коров, что повышает пропускную способность доильного центра.

Доильный бокс представляет собой устойчивую конструкцию из нержавеющей стали открытого типа, что позволяет лучше видеть животных и обеспечивает легкий доступ к вымени.

Репозиторий ГГАТУ

Широко раскрываемые входные ворота обеспечивают удобный вход животным в доильный бокс, где они идентифицируются, а данные их запрашиваются в компьютере. После этого осуществляется позиционирование коровы за счет автоматического перемещения кормушки с учетом индивидуальных размеров животного (данные о параметрах животного вводятся однократно при первом доении). Индивидуально рассчитанная для каждой коровы порция корма дозируется в кормушку малыми порциями.

Процесс подключения доильных стаканов состоит из трех последовательно выполняемых действий: позиционирование модуля с доильными стаканами (каждый доильный бокс оснащен собственным доильным модулем), определение месторасположения сосков вымени и подключение стаканов к соскам. Позиционирование доильного модуля осуществляется с помощью руки-манипулятора, которая поочередно обслуживает все доильные боксы системы. Для определения точных координат сосков используется инновационная разработка фирмы - размещенная на руке робота трехмерная инфракрасная оптическая камера, которая распознает форму и расположение отдельных сосков и одновременно позицию доильных стаканов. Устанавливается соответствие между координатами сосков и доильных стаканов, и полученная информация используется рукой-манипулятором для точного размещения модуля с доильными стаканами под отдельными сосками вымени животного. Доильные стаканы подключаются специальными кронштейнами модуля (на каждый стакан по кронштейну) с пневматическим приводом. Затем рука-манипулятор освобождается от захвата доильного модуля, возвращается в исходное положение и может использоваться для выполнения аналогичных операций в других доильных боксах. Доильный модуль поддерживает каждый из стаканов во время подключения и доения. В случае спадания стакана он удерживается на кронштейне модуля, благодаря этому снятые стаканы не соприкасаются с полом. Молочные шланги проходят под животным, этим гарантируется оптимальное позиционирование доильных стаканов и не допускается их перекручивание.

После подключения доильных стаканов выполняются очистка сосков, сдаивание первых струек молока, стимуляция, доение, отключение. Во время очистки каждый сосок в течение 15 с очищается в доильном стакане водой и просушивается потоком воздуха, после этого сдаиваются первые струйки молока, которое вместе с моющей водой удаляется из системы с помощью надежного клапанного механизма.

Стимуляция в соответствии с данными конкретного животного осуществляется по технологии Stimopuls непосредственно после очистки сосков. Затем начинается доение. Молоко проверяется на электропроводность (опции - также на цвет), что позволяет распознавать и отделять молоко нестандартного качества (по каждой четверти вымени отдельно). Количество выдоенного молока определяется системой измерения Dema Tron. После доения информация о молочной продуктивности каждого животного на данный момент времени передается в компьютер.

При достижении порогового значения молокоотдачи в одной из долей вымени система контроля потока молока спустя предустановленное время ожидания отключает подачу вакуума к соответствующему доильному стакану. Доильные стаканы, двигаясь под собственной массой вниз, мягко вертикально сползают с сосков и опускаются на кронштейнах в свои крепления.

Для обеспечения гигиенических требований в системе выполняются три вида промывки: BackFlush - автоматическая промывка после каждого доения; промежуточная промывка в каждом из боксов, настраиваемая по времени, количеству выдоенных коров или предписанная для определенных животных; основная, или системная, промывка, рекомендуемая для выполнения не менее 2 раз в день.

Промывка BackFlush подразумевает промывку водой каждого доильного стакана после каждого доения. Это позволяет содержать стаканы в чистоте и уменьшить вероятность переноса инфекции между коровами.

Промежуточная промывка теплой водой осуществляется по отдельным боксам и длится около 4 мин. Интервал и длительность промывки настраиваются индивидуально. Промытый бокс остается свободным до следующей потребности в нем.

Программа промывки «Основная или системная очистка» работает 25 мин и включает в себя предварительную промывку теплой водой, основную промывку горячей водой с очищающим средством и окончательную промывку холодной водой.

Репозиторий БГАТУ

Вакуумная установка работает по принципу управления VOD (Vacuum On Demand - «вакуум по потребности»): вакуум создается только тогда, когда необходим, что значительно сокращает расход энергии.

Управляющее программное обеспечение системы управления доильным центром преобразовывает информацию, получаемую от доильной системы, в удобную и наглядную форму, обеспечивая её доступность для пользователя все изменения можно использовать при создании текущего списка работ и рабочих планов, что значительно улучшает качество повседневной работы со стадом.

Вся работа по управлению стадом выполняется в месте размещения животных. Для управления нет необходимости постоянно находиться на рабочем месте. Наиболее важная информация (по решению оператора) передается на его мобильный телефон. Благодаря этому оператор постоянно находится в курсе текущих действий робота и может при необходимости принимать соответствующие решения. Для анализа информация может передаваться непосредственно в RDM (систему управления данными Mlone) или в программу Dairy Plan C21 (поставляется как опция). Помимо программы Dairy Plan C21, робот может оснащаться в виде опции устройством Rescounter II для контроля активности животного и распознавания периода охоты.

Программное управление в стандартной комплектации выдает информацию о числе доений в день, числе доений на одно животное, надое животного, надое за одно доение, проводимости и цвете молока по долям вымени, времени и длительности доения, приеме концентрированных кормов на одно животное, производительности и нагрузке установки, проблемных животных, контрольной информации по оборудованию.

Доильный центр интегрируется в коровники самых различных видов и может устанавливаться в зданиях старой постройки. Необходимое оборудование поставляется собранным на заводе-изготовителе и почти сразу готово к работе - необходимо лишь выполнить несколько подключений.

Фирма «Insentec» (Нидерланды) предлагает новое поколение доильного робота Galaxy-ASTREA20.20 (рис. 3.86). Роботизированная доильная установка, унаследовавшая конструктивные признаки робота Galaxy Starline, оснащена центральным блоком, в котором размещено все оборудование, промышленным манипулятором Yaskawa, правым/левым модулем доения (на два вида кормов) с системой идентификации, блоком управления роботом TIM 20.20 Farm-Controller, системой определения в молоке соматических клеток SENCE и его отделением SMART-COLLEC, комплектом для отбора проб молока, системой дезинфекции вымени, комплектом программного обеспечения (ПО) управления фермой SATURNUS 20.20 Farm Management, ножными транспондерами MRS, компрессором KaeserSX 3, версией связи с оператором хозяйства GSM, спиралеобразным охладителем молока (один на систему), танком предварительного охлаждения молока на 400 л и др.

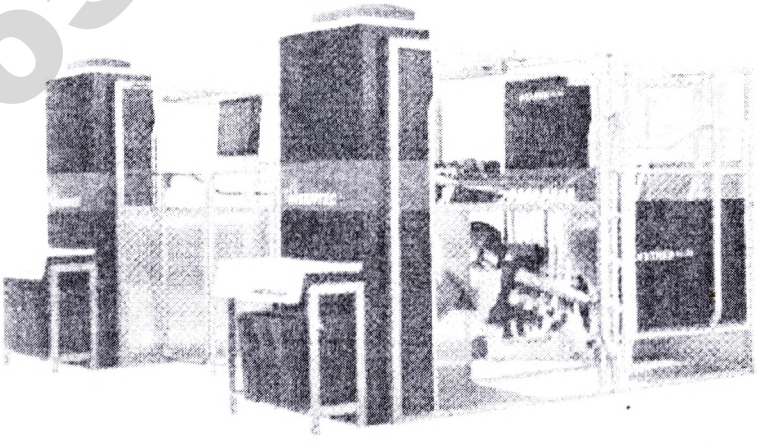


Рисунок 3.86 – Доильный робот Galaxy ASTREA20.20

Для очищения сосков до и после доения используются форсунки, расположенные под выменем животного. Дезинфекция оборудования проводится паром.

Репозиторий БГАТУ

Благодаря такой компоновке узлов роботизированной установки потребление электроэнергии сокращается на 30%. В новой версии установки оба доильных бокса расположены напротив друг друга и обслуживаются установленной посередине рукой-манипулятором доильного робота. Рассчитана установка примерно на 120 коров (с двумя доильными боксами).

Инновационные решения, использованные в конструкции этого робота, обеспечивают требуемый для каждого конкретного предприятия уровень производительности, управление процессом доения в режиме реального времени (on-line) и гибкое управления процессом производства молока. Управление работой доильного робота осуществляется с помощью программы SATURNUS 20.20 Farm Management, которая выполняет сбор информации и преобразует ее в удобную для принятия решений форму. Для этого на мониторе компьютера в графической и цифровой форме отображаются необходимые сведения о выполняемой в данный момент времени технологической операции.

Управление процессом доения и определения качества молока в режиме реального времени выполняется с помощью подсистемы и SMARTCOLLECT^0 (Starline Milk Acceptationand Registration Technology). Для сбора исходных данных используется модуль SENSE (SENsor Support Entry), выполненный на базе современных сенсорных датчиков.

Высокую интенсивность молокоотдачи, а значит, сокращение времени доения, обеспечивает управляющая программа робота, подготавливающая к доению каждую корову с учетом индивидуальных особенностей. Блочно-модульная конструкция робота обеспечивает быстрый монтаж оборудования в доильном отделении коровника.

Фирма «System Happel» представила на выставке доильный робот Aktiv Puls Robot 20.20 (рис. 3.87), который по конструкции и функциональным возможностям аналогичен роботу Galaxy ASTREA 20.20 фирмы «Insentec».

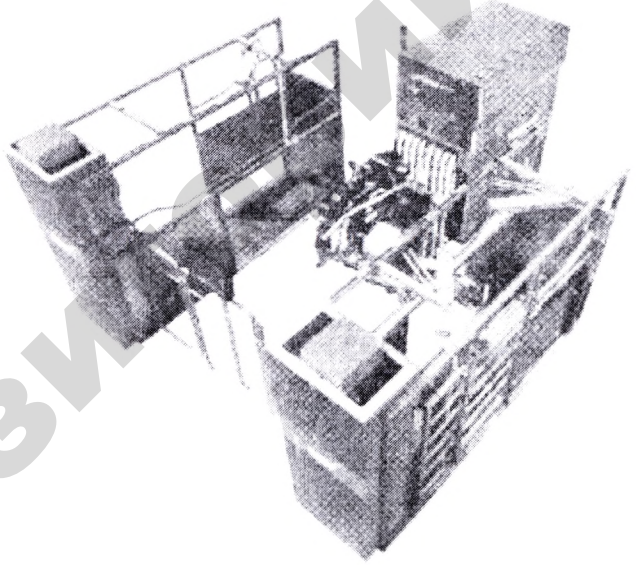


Рисунок 3.87 - Доильный робот Aktiv Puls Robot 20.20

Выпускаемый под маркой SAC Future line Max доильный робот фирмы «S.A.Christensen» (рис. 3.88) имеет следующие инновационные решения: для очистки сосков вымени и сдаивания первых струек молока используются специальные доильные стаканы; позиционирование руки-манипулятора проводится с помощью видеокамеры и лазера; контроль качества молока осуществляется по цвету, температуре, электропроводимости и содержанию в нем гемоглобина. Управляют работой робота и в целом производством молока с помощью автоматизированной системы управления стадом TIM Management, обладающей большим набором следующих функций: проверка активности животных, электропроводности, измерение температуры, контроль качества кормов и др. TIM обладает логически понятным и доступным пользовательским интерфейсом и позволяет, создавать собственные системы отчетности с углубленными воз-

Репозиторий БГАТУ

можностями статистики и графики. Робот поставляется потребителям в полной заводской готовности, что гарантирует простой и быстрый монтаж на месте установки.

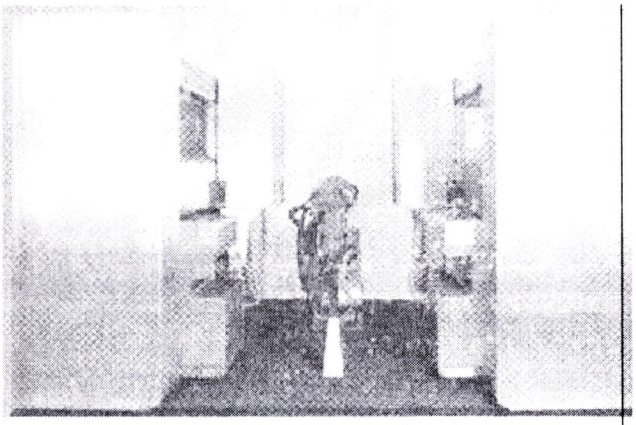


Рисунок3.88 – Доильный робот SAC Future line Max

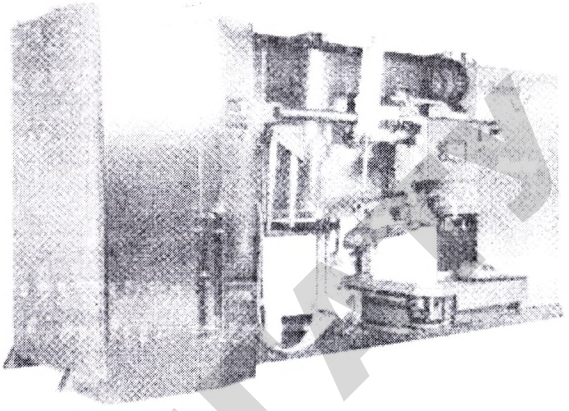


Рисунок 3.89 – Доильный робот Merlin225 фирмы Lemmer-Fullwood

После продолжительных научно-исследовательских и испытательных работ фирма «Lemmer-Fullwood» (Германия) представила на рынок доработанную конструкцию своего робота Merlin225 (рис. 3.89). Для идентификации животных используют ножные транспондеры с расширенными функциональными возможностями (определяют еще и активность животных), что в сочетании с программой управления позволяет своевременно выявлять животных, находящихся в состоянии половой охоты. После распознавания коров робот с помощью программы определяет: следует доить их или нет исходя из того, что в вымени животного для дойки должно быть не менее 7 л молока. Если корова приходит к роботу слишком рано, то доить и кормить её не будут.

Месторасположение сосков определяется стационарной системой лазерной оптики, позволяющей получать с максимальной точностью трехмерное изображение вымени. При этом постоянно обновляются записи в базе данных координат отдельных сосков. Это дает возможность при подключении доильных стаканов к соскам учитывать все физиологические изменения формы вымени, обусловленные нахождением животного в определенном периоде лактации. С целью обеспечения надежного подключения доильных стаканов к соскам и уменьшения потерь вакуума доильные шланги проложены от стаканов до коллектора молока по прямому пути.

Для контроля качества выдаиваемого молока робот оснащают датчиком Blood Sensor (для определения крови в молоке) и сенсором Full Quest (для определения электропроводности молока), совместная работа которых позволяет направлять не соответствующее нормативам молоко в специальные емкости. Дополнительно по желанию заказчика фирма может оснащать Merlin225 своей инновационной разработкой - анализатором молока типа Fullexpert-IMA, который позволяет измерять во время доения содержание в молоке жира, белка и лактозы, а также соматических клеток с указанием полученного результата в градации по классам (до 200000, 400000, 800000).

Система охлаждения Soft Start полностью интегрирована с доильным роботом и обеспечивает эффективное охлаждение даже небольшого объема молока без риска его примерзания к стенкам резервуара.

Merlin225 работает под управлением автоматизированной программы управления стадом Crystal. Разработанная под пользовательскую оболочку Windows программа обеспечивает постоянный доступ к данным с возможностью внесения изменений и программирования новых параметров. Благодаря тому, что программа уже содержит все данные, пользователю необходимо нажать лишь несколько клавиш для ввода самой последней (расширенной) информации. Crystal объединяет все информационные модули (кормления, доения, взвешивания, сортировки, активности, календарь животного, графики лактации) и обладает возможностью импорта-экспорта данных (записи о передвижениях коров, различные формы учета доений и качества

Репозиторий ВГАВМ

молока и др.) Система управляется через ПК, при необходимости получения экстренной сервисной поддержки достаточно наличие доступа в Internet.

3.9.2 Технологические особенности доения коров доильными роботами

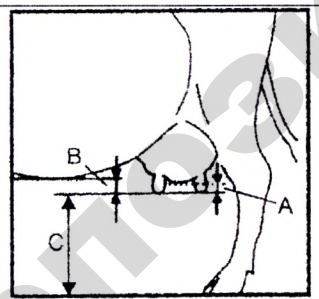
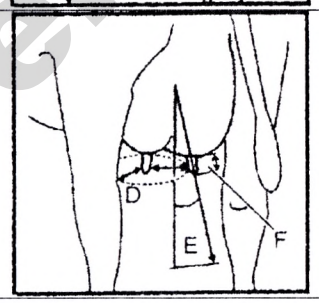
Использование роботов для доения коров привело к появлению новой технологии, заключающейся в самообслуживании животного и дающей корове свободу выбора сроков и частоты посещений доильного бокса. Исследования показывают, что животные быстро привыкают к доению роботом и самостоятельно посещают доильный бокс.

Увеличение частоты доения благотворно сказывается на здоровье вымени и способствует повышению продуктивности животных до 15%. Однако для доения роботом пригодны не все животные. При формировании стада приходится отбраковывать 5…15% коров. Анализ результатов зарубежных исследований и данных фирм-изготовителей позволил сформировать общие требования, которым должны отвечать животные при доении их роботом:

- высокие молочная продуктивность и уровень молокоотдачи;
- плотно прикрепленное вымя, одинаковые по размеру соски, нижняя точка которых не должна быть ниже 33 см от уровня пола;
- минимальное расстояние между задними сосками - 3 см, между передними - 12,5 см;
- диаметр сосков 1,5…3,5 см;
- задние соски должны быть ниже самой низкой части вымени на 3 см;
- передний сосок должен находиться на расстоянии не менее 7 см от заднего соска;
- угол отклонения сосков от вертикали не должен превышать 30°;
- диагональное расположение сосков не допускается;
- животное должно быть активное, со здоровыми копытами, нервные коровы подлежат выбраковке.

Ряд фирм-изготовителей доильных роботов, учитывая конструктивные особенности и функциональные возможности машин, разрабатывают свои собственные требования (табл. 3.26).

Таблица 3.26 – Требования к коровам, пригодным для доения в доильном роботе VMS фирмы «DeLaval»

	Условное обозначение на рисунке	Параметры	Значение параметра	
			Минимальное	Максимальное
	A	Расстояние между нижней частью вымени и кончиком заднего соска, мм	30	-
	B	Расстояние между нижней частью животного и кончиком переднего соска, мм	30	-
	C	Расстояние между кончиками сосков и полом, мм	270	750
	D	Расстояние между задним соском и ногой коровы, мм	15	-
	E	Отклонение сосков от вертикали	-	45
	F	Длина сосков, мм	30	70
	-	Диаметр сосков, мм	15	50
	-	Расстояние между сосками, мм	15	-

Репозиторий БГАТУ

Использование роботов показало, что не все коровы охотно посещают доильный бокс. В результате длительных исследований доения коров в одно-боксовом роботе специалисты фирмы «Lely» сформулировали пять основных требований, выполнение которых увеличит частоту посещения коровами автоматизированной доильной системы:

1. Необходимо организовать движение коров в помещении таким образом, чтобы оно стимулировало их к регулярному посещению доильных боксов. Выбор способа движения (свободное или управляемое) зависит от планировки животноводческого помещения и состава стада.

2. Медлительных коров, которые посещают доильный робот менее 2 раз в сутки, необходимо подгонять к боксу с интервалом между доениями 14 ч более. В течение короткого промежутка времени животные привыкают к необходимости посещения доильного робота.

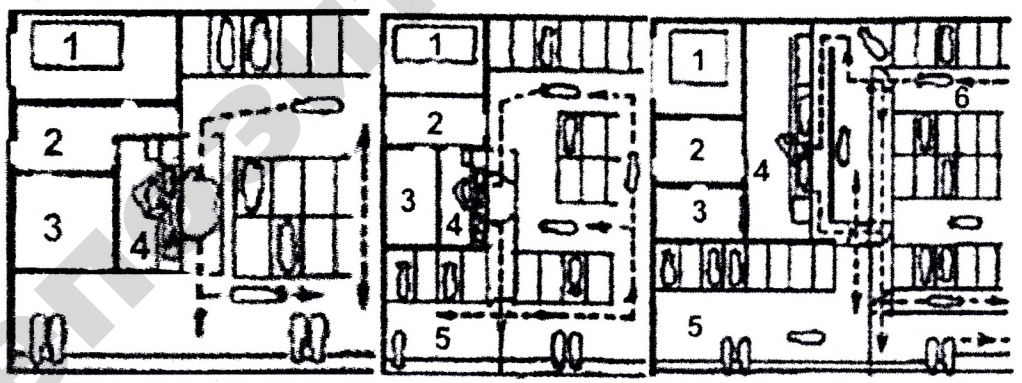
3. Животные со здоровыми копытами охотно посещают доильный робот, поэтому надо регулярно контролировать состояние копыт и своевременно выполнять уход за ними.

4. Коровы должны иметь круглосуточно свободный доступ к воде и корму.

5. Доильный робот должен надежно работать 24 ч в сутки. Каждая неисправность и простой оборудования влияют на интервалы между доениями, что может вызвать стресс у животных с последующими негативными последствиями.

3.9.3 Организация движения животных и планировка животноводческих помещений с доильными роботами

В отличие от традиционных животноводческих помещений доильные роботы требуют иной организации технологического процесса производства молока с соответствующей планировкой коровника. Проекты коровников должны учитывать, что в соответствии с индивидуальным суточным режимом дня и физиологическими потребностями животные совершают многократные перемещения по помещению (для доения – 3…5 раз в сутки, для кормления - в среднем 7 раз). Специалисты разработали три формы организации движения коров в помещении, обеспечивающие самостоятельное посещение ими доильного робота: свободное движение, управляемое движение с возможностью последующего отбора животных (после доения) и управляемое движение с предварительным (до доения) и последующим отбором животных (рис. 3.90).



а) б) в)

Рисунок3.90 - Планировка животноводческих помещений с использованием доильных роботов для реализации различных форм организации движения животных:
а) - свободное движение коров; б) – управляемое движение с возможностью последующего отбора животных; в) - управляемое движение коров с предварительным и последующим отбором животных;1 - молочная; 2 - дополнительное оборудование; 3 - офис; 4 - доильный робот; 5 - зона для последующего отбора; 6 - зона для предварительного отбора животных

При свободном движении животные посещают доильный бокс под воздействием внутреннего давления молока в вымени и получения дозы концентрированного корма. При этом ко-

Репозиторий БГАТУ

ровы имеют свободный доступ к зонам кормления, доения и отдыха. Такая форма организации движения животных очень часто используется в случаях переоборудовании доильных станков на систему автоматического доения в существующих боксах для отдыха в традиционных помещениях при беспривязном содержании молочного скота.

При управляемом перемещении животных имеются отдельные помещения для размещения зон кормления и отдыха. Коровы могут попасть из зоны отдыха - в зону кормления только через доильный робот (не наоборот). Этот путь они проделывают в среднем 5…10 раз в день. Для предотвращения посещений коровам доильных боксов, не сопровождающихся процессом доения, используют боксы для предварительного отбора животных. В нем решается, будет ли корова направлена в зону кормления или на доение (с использованием селекционных ворот). При проведении профилактических или санитарных работ на доильном роботе наличие боксов для предварительного отбора животных благоприятно сказывается на их поведении.

При регулируемом движении с предварительным и последующим отбором животное имеет возможность перемещаться из зоны отдыха через бокс предварительного отбора в двух направлениях: в зону кормления или в предварительный бокс доильного робота. Доильный бокс животное может покинуть в трех направлениях: в зону кормления, в отдельный бокс для больных животных и обратно в предварительный бокс для новой попытки доения.

Физиологически правильное кормление концентратами животных предусматривает не менее 4…6-разовую раздачу корма в сутки.

Промежутки между кормлениями должны составлять 3…4 ч, норма разовой выдачи корма не должна превышать 2,5 кг. При этом нужны установки для раздачи концентрированных кормов в зоне предварительного отбора животных (в качестве источника привлечения к зоне доения) или в зоне кормления перед выходом в зону отдыха, что соответствует правильному с биологической точки зрения режиму кормления.

Базируясь на общих принципах организации движения животных в помещениях с доильными роботами, фирмы-изготовители нередко разрабатывают свои собственные системы отбора животных, полностью адаптированные а конструктивным и функциональным возможностям их доильных систем. Так, для наиболее эффективного использования своего доильного центра, оснащенного многобоксовым роботом Mlone, фирма «GEA Westfalia Surge GmbH» применяет принцип селективного отбора животных. Для реализации этого принципа доильный центр комплектуется (в стандартном исполнении) секцией ожидания с предварительным и последующим отбором животных. Животные, распознанные компьютером как готовые к доению, направляются в секцию ожидания, остальные - в секцию для кормления. В результате к доильному роботу обеспечивается доступ только готовых к доению коров, что повышает пропускную способность центра.

Фирма разработала два способа организации движения животных с использованием секции ожидания: управляемое (Guided Exit) и свободное (Free Exit).

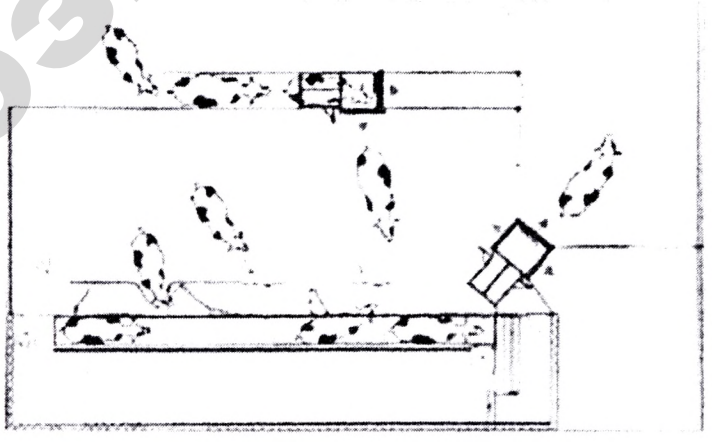


Рисунок 3.91 – Управляемое (GuidedExit) движение животных

Репозиторий БГАТУ

В Guide dExit перед входом-выходом в доильные боксы находится переходная секция, привод ворот которой согласован с приводом ворот доильных боксов (рис. 3.91). Животные, выходящее из доильного бокса, возвращаются непосредственно в секцию кормления или в зону последующего отбора (опция), здесь можно сортировать животных из разных коровников. Преимущества управляемого движения животных: выдоенные коровы не могут вторично войти в доильный бокс и кратковременно заблокировать его для готовых к доению животных; выдоенные коровы не встречаются в секции предварительного ожидания с животными, подлежащими доению; секция предварительного ожидания используется исключительно для коров, готовых к доению; имеется возможность включения секции последующего отбора непосредственно в контур робота.

В FreeExit переходная секция перед роботом отсутствует (рис. 3.92). Выдоенные животные возвращаются в стойла через секции ожидания и предварительного отбора. Животные, надой от которых остается ниже заданного порогового значения, могут быть отобраны непосредственно в секции ожидания. Эта система представляет особый интерес для предприятий, где по конструктивным соображениям невозможно внедрение интегрированной в доильный центр секции последующего отбора, т.е. не требуется переходная секция. Концепция планировки вновь строящегося коровника с использованием автоматической системы доения предусматривает наличие основного помещения, рассчитанного на размещение двух (лучше трех) групп коров лактационного периода, двух зон для сухостойных животных, родильных боксов и боксов для больных животных, каждый вместимостью до 30 коров (площадью из расчета: отдельные боксы – 10…12 м^2 на одно животное, групповые боксы – 6…8 м^2 на одну голову).

Расстояние между продольным рядом боксов для отдыха животных и роботом не должно превышать 40 м, так как при увеличении этого расстояния частота посещений доильного бокса коровами уменьшается. Размер зоны ожидания животных перед роботом имеет большое значение для эффективного использования его производственных мощностей. Эта зона должна обеспечивать прием 10…15% поголовья лактирующих коров в стаде (из расчета требуемой площади 1,25…1,5 м^2 на одно животное).

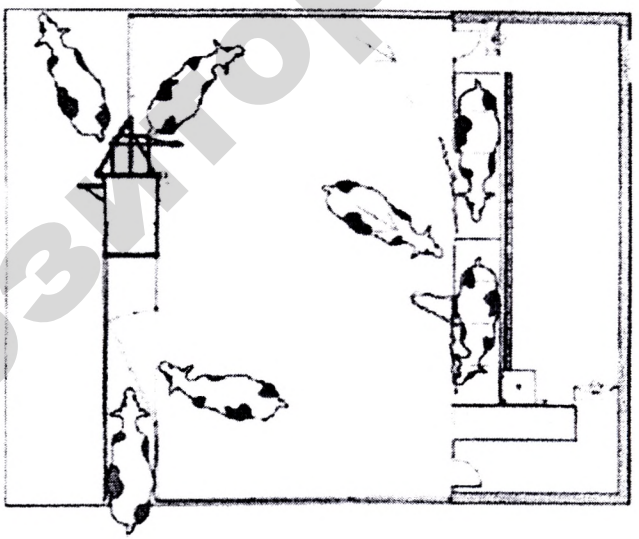


Рисунок 3.92 – Свободное (Free Exit) движение животных

После доения животные должны перемещаться в зону кормления, так как каналы в сосках полностью закрываются только через 30…45 мин, поэтому для исключения заболевания вымени животное в течение этого времени не должно находиться в зоне отдыха. Расположение зон отдыха, доения и кормления должно быть компактным. Каждая группа коров должна достигать установки автоматизированного доения кратчайшим путем. Доильный робот в течение всего дня должен быть доступен для животных, за исключением времени его промывки и санитарной обработки.

Репозиторий БГАТУ

4 ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

4.1 Технологические схемы первичной обработки молока

Организация переработки молока является одним из основных рычагов повышения рентабельности молочного скотоводства. К цехам и участкам малой мощности (до 10 т в смену) предъявляются требования в соответствии с ВНТП 645/1645-92.

Выбор перечня технологических операций по обработке молока зависит от назначения получаемого молока как сырья для промышленности и принятой формы поставок молока.

Выбор технологических операций по первичной обработке молока на ферме определяется формой поставок молока потребителю в зоне действия фермы: получение и первичную обработку парного молока на ферме и далее его транспортировку и переработку на предприятиях молочной промышленности, затем поставку потребителю; обработка молока на ферме и его поставку потребителю.

Согласно Техническому регламенту при вывозе молока с фермы 1 раз в сутки молок необходимо охладить до +4°С в течение 2 часов после выдаивания. Такое охлаждение можно достигнуть только при использовании поточных охладителей.

Независимо от формы поставок молока на ферме обязательно его первичная обработка.

Технологические схемы молочных линий представлены на рис.4.1-4.3.

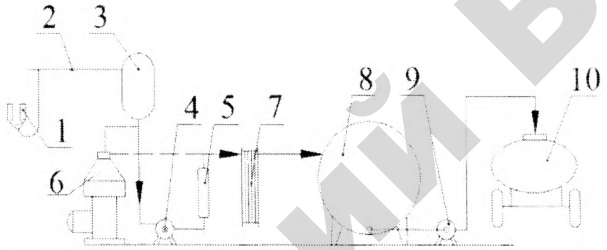


Рисунок4.1 Технологическая схема молочной линии с использованием доильной установки с молокопроводом:1-доильный аппарат; 2-молокопровод; 3-молокосборник; 4-молочный насос; 5-фильтр; 6-центробежный молокоочиститель; 7-пластинчатый охладитель; 8-резервуар молочный; 9-молочный насос; 10-автомолококистерна

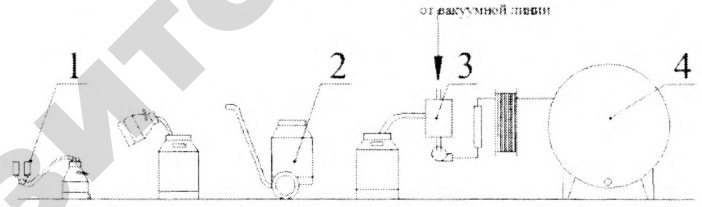


Рисунок 4.2 - Технологическая схема молочной линии при доении в переносные ведра: 1-переносной доильный аппарат; 2-фляга; 3-фильтр-охладитель; 4-резервуар термоизолированный для сбора и хранения молока

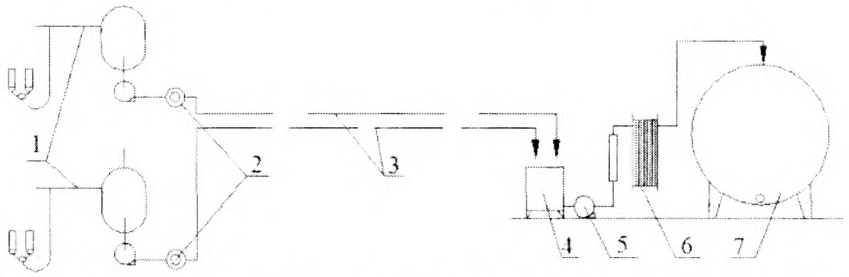


Рисунок 4.3 - Технологическая схема молочной линии с внутрифермской транспортировкой молока по трубам:1-доильные установки; 2-счетчики молока; 3-транспортные молокопроводы; 4-накопительный резервуар; 5-насос; 6-охладитель; 7-резервуар для хранения молока

Репозиторий БГАТУ

4.2 Технологии и оборудование для очистки молока

Первой операцией в технологической схеме первичной обработки молока стоит *очистка его от механических примесей*. Для очистки молока от механических примесей молоко пропускают через сетчатые, марлевые и фланелевые фильтры или используют центробежные очистители.

Очистку молока от механических примесей проводят сразу после доения, пока молоко еще теплое. При доении в ведра молоко фильтруют во время слива его во фляги. В качестве фильтрующих элементов используют ватные прокладки, марлю, лавсановую ткань, а также фильтры разового пользования. Их недостатком является сильное загрязнение. Ватные прокладки меняют через 50-60 литров отфильтрованного молока. Марля не обеспечивает полную очистку молока от мелких примесей. Лучшие результаты дает лавсановая ткань или энант, которую после использования стирают и дезинфицируют.

В молочной промышленности применяют фильтры с металлической (сита) и тканевой перегородками. Металлические перегородки изготовляют плетеными и штампованными с числом отверстий на 1 $см^2$ от 25 до 100, размером от 0,5 до 1,5 мм. Живое сечение перегородок до 50%. Для тканевых перегородок используют холст различной плотности, а также энанта и лавсана (на 1 $см^2$ – 255 ячеек). Наиболее высокая степень очистки получается при одновременном использовании металлической сетки и фильтровальной ткани.

Цедилки (рис. 4.4) применяют для фильтрации молока, поступающего порциями. Они позволяют сгладить поток фильтруемого молока.

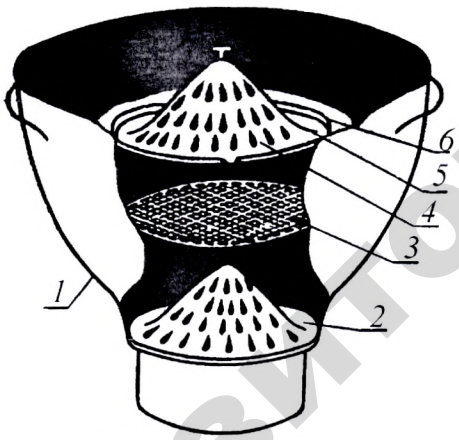


Рисунок 4.4 - Цедилка

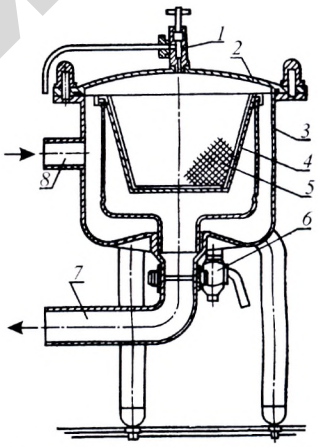


Рисунок 4.5 - Конический фильтр

Она состоит из чашеобразного корпуса 1, двух конических решеток 2 и 4, фильтрующего элемента 3, грязевого желоба 5 и распорного кольца 6.

Конусовидная форма решеток позволяет увеличивать фильтрующую поверхность, а также способствует лучшему отделению загрязнений. Нерастворенные загрязнения скользят по стенкам решетки в желобок, откуда удаляются при промывке или замене фильтра.

Конический фильтр состоит из корпуса 3 (рис. 4.5), снабженного подводящим 8 и отводящим 7 патрубками, крышкой 2 с вентилем 1 для выпуска воздуха. Внутри корпуса установлена молокоприемная чаша 4 с фильтрующим элементом 5 (лавсан). Кран 6, установленный на отводном патрубке, предназначен для отсоединения фильтра во время его промывки и чистки.

Молоко через патрубок 8 поступает в корпус фильтра, просачивается через фильтрующий элемент 5 и выходит из фильтра в кран 6 и патрубок 7.

Длительность безразборной работы конических фильтров в зависимости от загрязненности молока составляет 3…4 ч.

Фильтр молочный самоочищающийся типа ФМС (рис. 4.6) предназначен для фильтрации молока в процессе ручной дойки коров в небольших фермерских хозяйствах и молокозаводах.

Репозиторий БГАТУ

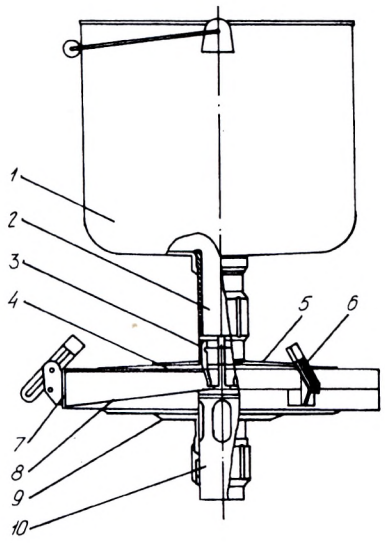


Рисунок 4.6 - Фильтр молочный самоочищающийся типа ФМС:
1-воронка; 2-трубопровод; 3-преобразователь; 4-обтекатель; 5-крышка; 6-фиксатор; 7-обруч натягивания; 8-фильтрующий элемент; 9-дно; 10-трубопровод отводящий

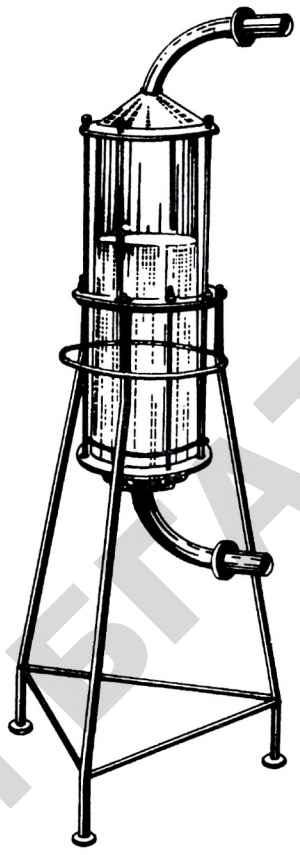


Рисунок 4.7 - Двухслойный зернистый регенерируемый фильтр

Самоочистка поверхности фильтрующего элемента достигается организацией пленочного течения очищаемого молока, при котором примесные частицы смываются с центральной части его к периферии за счет энергии столба жидкости фильтрующим элементом.

Мойка фильтра осуществляется горячей водой температурой 40…60°С и горячей водой в сочетании с моюще-дезинфицирующими средствами (дезмолом, визмолом и др.)

Тонкость фильтрации – до 20 мкм, расход 10 л/мин, перепад давления на фильтрующем элементе – 196 Па, допустимая температура фильтрующего элемента – до 140°С, диаметр фильтрующего элемента 300 мм.

Двухслойный зернистый регенерируемый фильтр (рис. 4.7) предназначен для фильтрации пищевых продуктов: молока, соков, вин, напитков и т.д. Обеспечивает эффективную очистку (1 группа чистоты), высокую пропускную способность и длительный ресурс работы до предельного забивания примесями.

Работа фильтра не нарушает вакуумный режим доения. регенерация зернистого наполнителя осуществляется в стандартных условиях промывки обратным током промывочной жидкости без разгерметизации корпуса.

Тонкость фильтрования – до 40 мкм, скорость фильтрования – до 250 л/ч, перепад давления на фильтре 0,1 МПа, пропускная способность фильтра при росте перепада давления в процессе очистки не более 0,02 МПа – 0,2…5 $м^3$/ч, расход при регенерации 2,5…5 $м^3$/ч, габаритные размеры: диаметр корпуса – 170…230 мм, высота 1500 мм, масса 25…40 кг.

Устройство *пластинчатого закрытого фильтра* показано на рис. 4.8.

Фильтр состоит из двух секций 6. Каждая секция состоит из трех камер, представляющих собой раму 5 с сеткой и фильтровальной тканью 4.

Молоко через патрубок 10, по каналу поочередно, через каждые 10…30 мин, поступает в одну из камер образованному боковыми отверстиями рамок и распределяется параллельно по камерам секций 6. Подачу молока переключают трехходовым краном 9. Когда одна секция работает, другую очищают и готовят к работе (меняют фильтровальную ткань).

Репозиторий БГАТУ

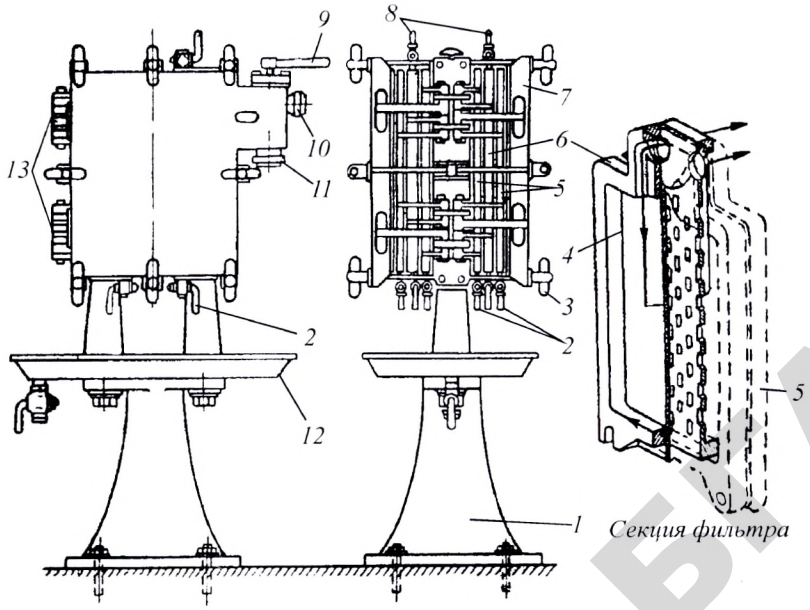


Рисунок 4.8 - Закрытый пластинчатый фильтр для молока:
1-станина; 2-краны для спуска молока; 3-зажимы;4-фильтровальная ткань; 5-рамы с сеткой; 6-камеры; 7-крышки секций; 8-краны для выпуска воздуха; 9-трехходовой кран; 10, 11-патрубки для входа и выхода молока; 12-сборник для молока; 13-шарниры

Температура молока при фильтровании 30…35°С. Для выпуска скопившегося во время работы воздуха периодически открывают краны 8. Просочившееся через неплотности молоко попадает в сборник 12. Туда же поступает оставшееся в секциях молоко при разборке секций.

Дисковый закрытый фильтр (рис. 4.9) состоит из стального корпуса 3, крышки 7, клапана 8, набора фильтрующих дисков 9 с отверстиями 10, через которые проходит молоко, вставных прокладок 11, внутреннего стакана 5, обоймы 6, стоек 12 и крана 2 для спуска остатков молока.

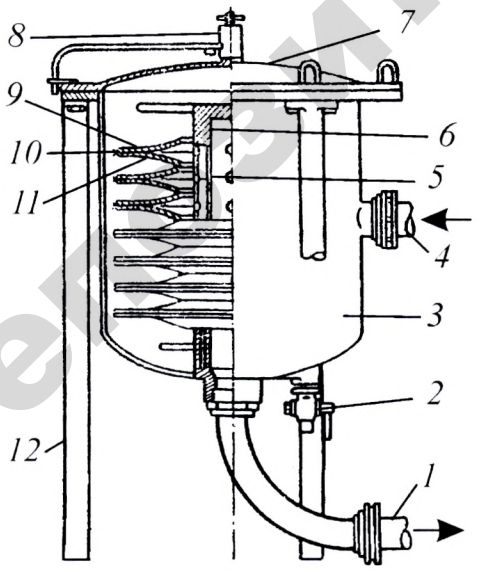


Рисунок 4.9 - Закрытый дисковый очиститель для молока

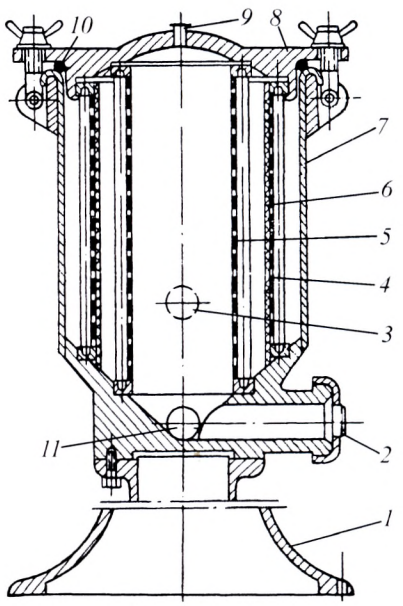


Рисунок 4.10 - Закрытый цилиндрический фильтр для молока

Репозиторий БГАТУ

Молоко поступает в фильтр через патрубок 4, проходит через отверстия 10 в рамках, через фильтровальные прокладки 11 и выходит в трубу 1.

Цилиндрический закрытый фильтр для очистки молока показан на рис. 4.10. В цилиндрический фильтр молоко поступает под давлением 200 МПа, проходит фильтровальную ткань 6, натянутую на внутреннюю и наружные сетки 4 и 5. Через патрубок 3 молоко выходит из фильтра.

Герметичность сборки фильтра достигается установкой под крышку 8 резиновой прокладки 10. Скопившийся воздух выходит через кран 9. На патрубке 11 установлен манометр, по которому контролируют давление. Перед фильтрацией молоко нагревают до температуры 30…40°С. Фильтровальную ткань необходимо менять через 15…30 мин.

Фильтры с тканевой перегородкой имеют недостатки: кратковременность безостановочной работы; частые разборки и сборки фильтров; вероятность порыва фильтровальной ткани; прохождение молока через слой механических примесей; уменьшение производительности во время работы (с увеличением толщины осадка возрастает сопротивление и уменьшается скорость фильтрации).

Оборудование для очистки молока, как правило, входит в состав современных доильных установок с молокопроводом.

Молочно-магистральный фильтр (рис. 4.11) состоит из корпуса 1, фильтрующего элемента 2, уплотнительных колец 3, 6 и направляющей 7. Молоко проходя под напором или разряжением через фильтрующий элемент 2 очищается от загрязнений. Последний разбирается для промывки и замены фильтрующих элементов (лавсан или энант).

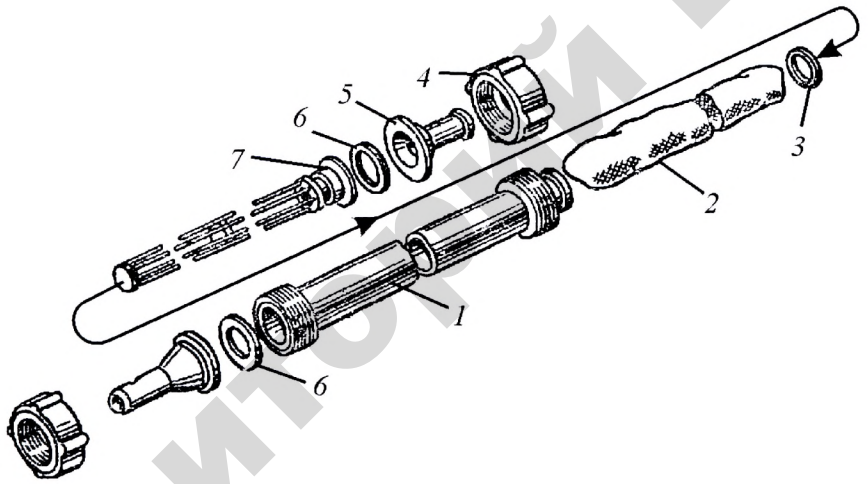


Рисунок 4.11 - Фильтр молочно-магистральный:
1-корпус; 2-фильтрующий элемент; 3, 6-уплотнительное кольцо; 4-гайка; 5-переходник; 7-направляющая

Для непрерывной работы доильной установки их устанавливают параллельно и подключают через трехходовой кран.

Наиболее прогрессивна центробежная очистка молока в очистителях-охладителях, главной частью которых является быстро вращающийся барабан. Под действием центробежной силы частицы грязи отбрасываются к стенкам барабана и постепенно накапливаются там. Пространство в барабане между стенками и тарелкам называется грязевым. Молокоочиститель нормально работает до тех пор, пока его грязевое пространство не заполнится так называемой сепараторной слизью. Срок непрерывной работы молокоочистителя составляет около 2…3 ч. Обычно центробежные молокоочистители комплектуются вместе с пластинчатыми охладителям. Производительность центробежных молокоочистителей увеличивается при нагреве молока до температуры 40…45°С.

Репозиторий ВГАТУ

4.3 Расчет фильтров и фильтр-прессов

Производительность фильтр-прессов определяют при известной рабочей поверхности. Количество продукта $V_ц$, которое можно пропустить через фильтр в течение одного рабочего цикла

$$V_ц = qF, \tag{4.1}$$

где q – нагрузка на 1 м^2 фильтра в течение цикла работы, л;F – поверхность фильтра, м^2.

Производительность фильтра определяют по формуле

$$Q_ф = \frac{3600qF}{\sum\tau}, \tag{4.2}$$

где $\sum\tau$ - длительность одного цикла работы фильтра, с;

$$\sum\tau = \tau_ф + \tau_{пр} + \tau_р, \tag{4.3}$$

где $\tau_ф$ - длительность фильтрации, с; $\tau_{пр}$ - длительность промывки, с; $\tau_р$ - длительность разгрузки и подготовки фильтра, с.

Сопротивление перегородки, R, определяют по формуле

$$R = 0{,}16R_0\mu, \tag{4.4}$$

где R_0 – коэффициент сопротивления (для плотного холста R_0=(20…30)×10^{10}; для холста средней плотности R_0=(10…20)×10^{10}; для редкого холста R_0=(6…10)×10^{10}; для сита медного густого плетения R_0=(7…12)×10^{10}; для сита штампованного с живым сечением 50% R_0=5×10^{10}).

При фильтрации без образования осадка действительно соотношение

$$V_1 = \frac{\pi dz}{\varepsilon}\cdot\frac{8\mu l}{\Delta p}\left(v_0 - v_2\right), \tag{4.5}$$

где v_0, v_2 - соответственно скорости фильтрации в интервалы τ_0 и τ_1.

Поверхность фильтрации рассчитывают по формуле

$$F = \frac{V_ж}{Q_1}, \tag{4.6}$$

где $V_ж$ – объем фильтруемой жидкости, м^3;Q_1 – производительность фильтруемой поверхности, м^3/ч.

При заданной продолжительности работы фильтровальной установки поверхность фильтрации определяют

$$F = \frac{V_ж}{Q_1}\cdot\frac{T_{общ}}{\tau_р}, \tag{4.7}$$

где $T_{общ}$ – общая продолжительность цикла фильтрации, ч.

Количество камер, z, находят по формуле

$$z = \frac{F}{f_0}, \tag{4.8}$$

где f_0 – фильтрующая поверхность одной камеры, м^2:для рамочного фильтр-пресса f_0=2(a-2b)^2;для камерного фильтр-пресса f_0=2[(a-2b)^2-0,785d^2];a – сторона квадратной плиты или рамы по наружным размерам, м;b – ширина поверхности контакта рами и плит, м;d – диаметр центрального отверстия в плитах, м.

Количество фильтр-прессов , n, рассчитывают по формуле

$$n = \frac{z}{z_0}, \tag{4.9}$$

где z – количество камер;z_0 – количество камер в одном фильтр-прессе.

Ширина камеры характеризуется зависимостью

$$\delta \geq 2h, \tag{4.10}$$
$$h = vQ_1$$

где v – объем влажного осадка на 1 м^2 фильтрата, м^3.

Репозиторий БГАТУ

4.4 Технологии и оборудование для охлаждения молока

Существует много способов охлаждения молока на фермах. Почти все способы основаны на том, что молоко отдает тепло охлаждающей жидкости через разделяющую их стенку, обычно до температуры 4°С. В жаркие летние дни молоко охлаждают до температуры 2°С, а в зимнее время - до 8°С.

Различают *искусственный и естественный способы* охлаждения молока.

Наиболее простой способ охлаждения молока - естественный. продукт охлаждают до температуры 4…8°С. но этот способ требует большого расхода пресной воды. для отвода тепла используют также лед, заготовленный в зимний период (фригаторные установки).

Современные охладители можно классифицировать по следующим основным признакам:

- по характеру соприкосновения с окружающим воздухом: открытые оросительные и закрытые проточные;
- по профилю рабочей поверхности: трубчатые и пластинчатые;
- по числу секций: односекционные, двухсекционные и многосекционные;
- по конструкции: однорядные и многорядные;
- по форме: плоские и круглые;
- по воздействиям, вызывающим продвижение продукта: под напором, с использованием вакуума или собственной массы продукта;
- по относительному направлению движения теплообменивающихся сред: прямоточные, противоточные и перекрестным движение сред.

Простейший способ охлаждения – фляги с молоком погружают в бассейн с холодной проточной или непроточной водой, с добавленным, в случае необходимости, льдом. Охлаждение таким способом длится с перемешиванием около 2 ч, без перемешивания – 3…4 ч. Лед в ванну добавляют по мере его таяния. На каждые 100 л молока при хранении в течение 12 ч расходуется 10…12 кг льда, 18 ч –30…40 кг и 24 ч – 45…60 кг.

Недостатками этого способа охлаждения являются – большие затраты на сооружение ванн и производственных помещений, хранение и доставка льда, процесс охлаждения занимает длительное время.

Более совершенный способ охлаждения молока или сливок – использование специальных охладителей. Одни из таких охладителей – *оросительные*. Конструкции оросительных охладителей разнообразны. Они бывают цилиндрическими, плоскими и пакетными. В свою очередь плоские оросительные охладители бывают с круглыми трубами или с трубами фасонного сечения. По открытой поверхности аппарата с верху стекает продукт, а хладоноситель (вода, рассол) проходит в закрытых каналах. Профили наиболее распространенных рабочих частей поверхностей оросительных охладителей показаны на рис. 4.12.

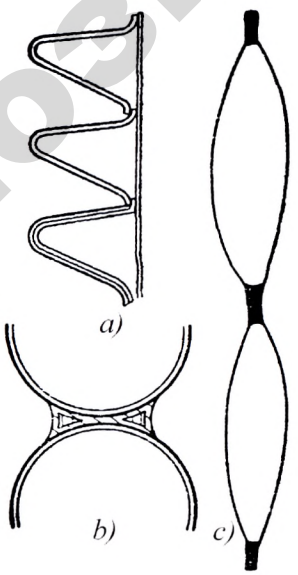


Рисунок 4.12 - Рабочие элементы оросительных охладителей:
а) цилиндрического;
б) плоского трубчатого;
в) плоского с каналами фасонного сечения

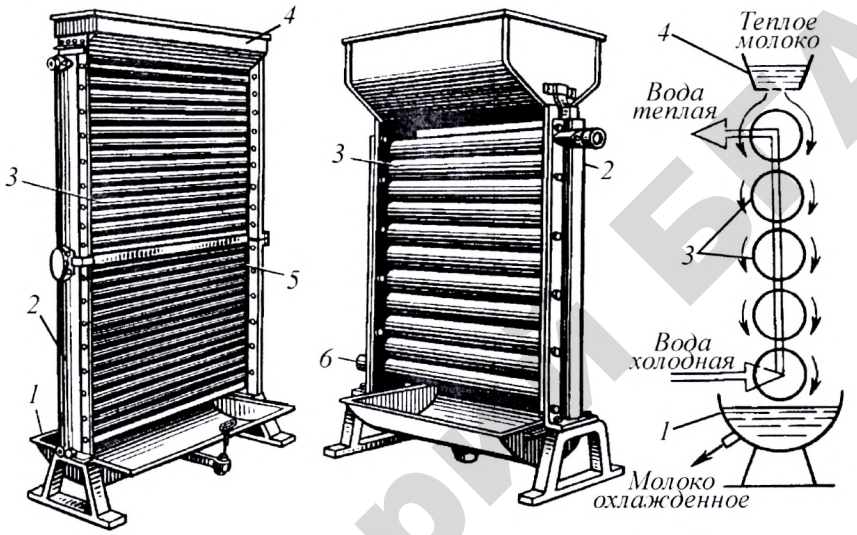
Репозиторий БГАТУ

Для *цилиндрического охладителя* характерен профиль, показанный на рис.4.12, а. Внутри каналов проходит хладоноситель, а продукт стекает по поверхности аппарата и охлаждается.

В отличие от цилиндрических охладителей, которые изготавливают только односекционными – одноярусными, плоские охладители бывают одно- или двухсекционными для охлаждения водой и рассолом.

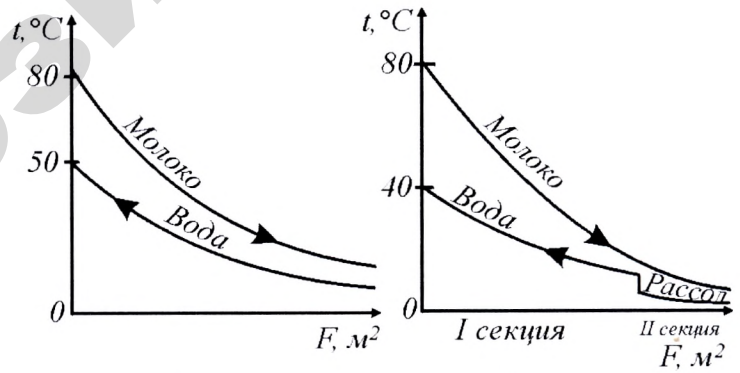
Охладители могут состоять из нескольких параллельно расположенных секций, на которые продукт поступает одновременно из общего желоба. Секции их бывают трубчатыми (рис. 4.12, б) или с каналами фасонного сечения (рис. 4.12, в). Во избежания разбрызгивания и загрязнения молока пакетные охладители с обеих сторон закрывают крышками.

На рис. 4.13 показаны плоские оросительные противоточные охладители и их температурные графики (рис. 4.14).



а) б) в)

Рисунок 4.13 - Плоские оросительные противоточные охладители:
а) двухсекционный; б) односекционный; в) схема работы охладителя;
1-нижний желоб; 2-коллектор; 3-поверхность охлаждения; 4-верхний желоб; 5-рабочая поверхность рассольной секции; 6-входной патрубок охлаждающей жидкости



а) б)

Рисунок 4.14 - Температурные графики плоских противоточных охладителей:
а) односекционный; б) двухсекционный

Молоко проходит через сетку отверстий в дне верхнего желоба 2 и стекает тонкой пленкой по рабочей поверхности 3 охладителя, состоящей из ряда горизонтальных труб, соединенных коллектором 1 в виде змеевика, по которым противотоком движется охлаждающая жидкость. Далее охлажденное молоко стекает в нижний желоб 5, откуда через сливной патрубок поступает в молокосборную емкость.

Репозиторий БГАТУ

Цилиндрические охладители изготавливают с поверхностью охлаждения 0,5…4,5 м^2 и производительностью до 1000 л/ч; трубчатые – поверхностью от 2,4 до 14,5 м^2 и производительностью до 4000 л/ч; производительность пакетных охладителей до 15000 л/ч. Допускаемое давление хладоносителя у цилиндрических охладителей с каналами фасонного сечения не должно превышать 150 МПа, у трубчатых охладителей 150…300 МПа.

В качестве хладоносителя у оросительных охладителей применяют артезианскую воду, аммиак или фреон.

В настоящее время в эксплуатации находится значительное количество закрытых вакуумных охладителей. *Закрытый вакуумный охладитель* (рис. 4.15) производительностью 400 л/ч применяются для охлаждения молока в линии молокопровода. Он состоит из корпуса 2, внутреннего гофрированного цилиндра 3, поддона и патрубков для подачи и отвода молока, воды, а также соединения с вакуумной магистралью.

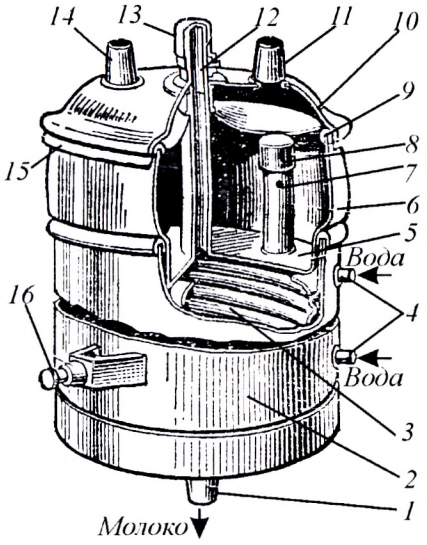


Рисунок 4.15 - Общий вид закрытого вакуумного оросителя:
1-патрубок для отвода молока;
2-корпус; 3-цилиндр гофрированный;
4-патрубок для воды; 5-распределитель; 6-приемник молока; 7-патрубок переливной; 8, 13-колпачек;
9-прокладка; 10-крышка;
11, 14-патрубки с колпачком;
12-патрубок вакуумный;
15-марлевый фильтр; 16-ось подвеса

Охладитель работает следующим образом. Молоко и двух магистральных молокопроводов 14 и 11 поступает сначала в горизонтальный фильтр 15 и далее на распределитель 5, у которого по окружности расположен ряд отверстий для подачи молока на внутреннюю гофрированную поверхность цилиндра 3. После этого молоко собирается в поддоне и отводится из охладителя через патрубок 1. Молоко поступает в охладитель за счет вакуума, образуемого во внутреннем пространстве гофрированного цилиндра путем присоединения патрубка 12 к вакуумной магистрали доильной установки. Вода подается через нижний патрубок 4 и проходит в противотоке по спирелеобразному каналу вверх между внутренним цилиндром корпуса охладителя 2 и внешней стороной гофрированного цилиндра 3 и выходит через патрубок 4. Во всех конструкциях охладителей молоко протекает по рабочей поверхности тонким слоем, что обеспечивает быструю и равномерную теплоотдачу. Отношение количества затраченного теплоносителя к количеству молока называется коэффициентом расхода воды или рассола. Он равен для водяных секций 2…3, а для рассольных – 1,5…2,5.

Для центробежной очистки и охлаждения молока на молочных фермах применяют *очиститель-охладитель ОМ-1*, производительностью до 1000 л/ч (рис. 4.16). Он агрегатируется с доильными установками, предназначенными для доения в переносные фляги, а также с другими доильными установками, имеющими молокопровод и накопительную емкость. Охлаждающей жидкостью является вода из холодильной установки или артезианской скважины.

Состоит из центрифуги с приводом и пластинчатого охладителя, установленных на общем основании. Привод барабана осуществляется плоской клиноременной передачей и муфтой свободного хода от электродвигателя. Центрифуга служит для очистки молока от механических примесей и создания необходимого напора для подачи молока через охладитель. Охладитель представляет собой теплообменник пластинчатого типа, состоящий из 42-х однотипных пластин.

Репозиторий БГАТУ

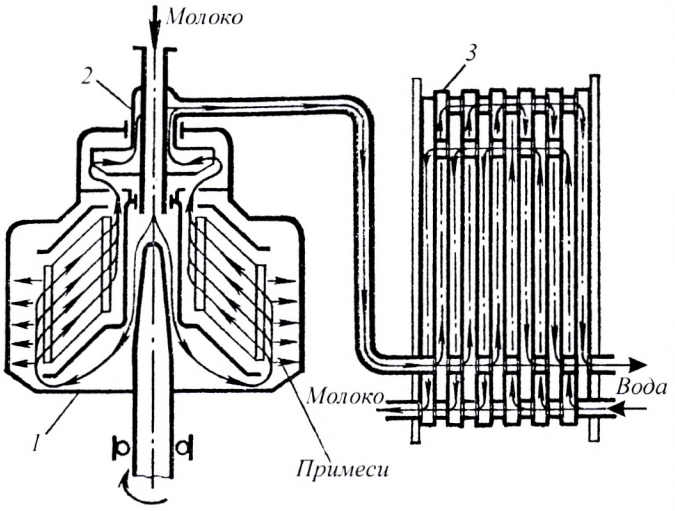


Рисунок 4.16 - Технологическая схема очистителя-охладителя ОМ-1

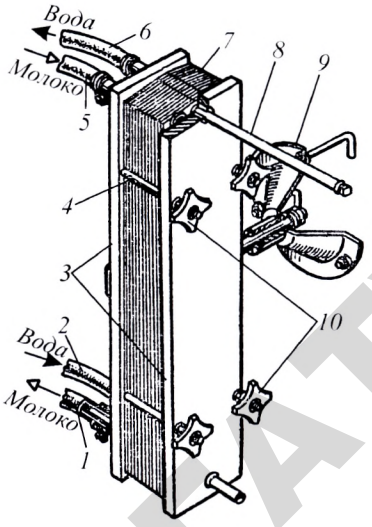


Рисунок 4.17 - Охладитель молока ОМ-400

Молоко, войдя в барабан центрифуги, проходит через щели между тарелками и направляется к напорному конусу. Находящиеся в молоке примеси под действием центробежной силы отбрасываются к стенке грязевой камеры. Далее молоко под напором по коллектору направляется к охладителю молока. Молоко в охладителе распределяется по каналам между пластинами. При движении в межпластинчатых каналах молоко обтекает волнистую поверхность пластин, омываемых с обратной стороны охлаждающей водой, движущейся в противоположном направлении движению молока. После охлаждения молоко попадает в продольный коллектор, образованный отверстиями пластин, и выходит из охладителя через штуцер.

Охладитель молока ОМ-400 (рис. 4.17) предназначен для охлаждения молока непосредственно при доении коров. Состоит из задней и передней плит 3, комплекта пластин 7, между которыми расположены прокладки из пищевой резины, стяжных болтов 4, шлангов 8, патрубков 1, 5 для отвода и подвода молока, патрубков 2, 6 для подвода и отвода воды из охладителя, кронштейна 9. Пластины выполнены из штампованного алюминия, обеспечивающего хорошую теплопередачу и хорошее охлаждение молока. Охлаждение молока происходит встречным потоком холодной воды. Производительность охладителя изменяют количеством рабочих пластин 7.

Автоматизированные пластинчатые установки для охлаждения молока ООТ-М и ООУ-М применяют в центральных прифермских крупных молочно-товарных фермах и комплексах. В состав установок входят пластинчатый охладитель, насос для молока, обвязка регулирующего клапана, приборы автоматического контроля и пульт управления.

Охладитель состоит из двух секций: в первой молоко охлаждается проточной водопроводной водой до температуре 13…15°С, а во второй – рассолом или ледяной водой до температуры 2…6°С. Обвязка клапана служит для регулирования потока рассола или ледяной воды в соответствии с заданной температурой. Состоит из регулирующего клапана исполнительного механизма, вентилей, манометра и соединительных труб. С пульта управления осуществляется автоматическое регулирование процессом охлаждения. На пульте смонтированы электронный мост, балансовое реле, электрический звонок и сигнальная лампа.

Установка может работать как автоматическом, так и в ручном режимах.

На выходе из охладителя установлен термометр сопротивления, связанный через электрический мост балансовое реле с исполнительным механизмом. В зависимости от температуры молока этот механизм с помощью регулирующего клапана изменяет подачу рассола или ледяной воды.

Для дезинфекции перед охлаждением молока через охладитель пропускают воду с температурой не ниже 85°С.

Репозиторий БГАТУ

4.5 Расчет оросительных охладителей

Чтобы обеспечить наилучшие условия теплопередачи, режим движения хладоносителя должен быть турбулентным (Re>2320), а на поверхности охладителя поперек горизонтальных труб жидкость должна двигаться ламинарно.

При движении хладоносителя внутри каналов возникают значительные гидравлические сопротивления. Необходимый напор перед аппаратом вычисляют по формуле

$$H = H_1 + \frac{v^2}{2g}\left(1 + \lambda_{тр}\frac{l}{d} + \sum \lambda_{м.с}\right), \tag{4.11}$$

где H_1 – высота установки приемника охладителя над уровнем насоса, подающего воду или рассол в охладитель, м;v – скорость движения хладоносителя, м/с;l – суммарная длина труб охладителя, м;d – диаметр труб, м;$\lambda_{тр}$ – коэффициент сопротивления трения;$\lambda_{м.с}$ – коэффициент местных сопротивлений.

Для каналов некруглого сечения необходимо определять эквивалентный диаметр ($d_{экв}$)

$$d_{экв} = \frac{4F_k}{P}, \tag{4.12}$$

где F_k - площадь поперечного сечения канала, м^2;P – периметр поперечного сечения канала, м.

На поверхности охладителя поток жидкости плоский открытый. Критическое значение числа Re:

$$\mathrm{Re}_{кр} = \frac{4r'v}{\nu} = 1600, \tag{4.13}$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости, м^2/с;r' - гидравлический радиус, м.

Для плоских оросительных охладителей $r'=b$ (b – толщина потока), где $\nu b = 400\nu$.

Предельная нагрузка на 1 м ширины в пределах ламинарного потока для вертикальной гладкой стенки $m = 400\nu$, (м^3/с·м), или $m = 144\cdot 10^7\nu$,

Для оросительных охладителей с волнистой поверхностью предельная нагрузка на 1 м ширины $m = 10^9\nu$, (л/ч·м).

Толщина стекающей пленки можно определить по формуле Гольдина

$$\delta_{пл} = \frac{Km}{\sqrt{r_0}}\cdot\frac{1}{\sin\frac{\theta}{2}}, \tag{4.14}$$

где K – константа, определяемая экспериментально;r_0 – радиус трубы, м;θ - угол, отсчитываемый от вертикали, град.

С увеличением угла θ толщина стекающей пленки уменьшается. Для плоских охладителей толщина находится в пределах 0,3…0,6 мм.

Поверхность охлаждения, F, и производительность, G, определяют из соотношения

$$F = \frac{Gc(t_1 - t_2)}{k\Delta t_{ср}}, \tag{4.15}$$

где t_1, t_2 – начальная и конечная температуры продукта соответственно, °С;k – коэффициент теплопередачи, Вт/м^2·°С;c – теплоемкость продукта, Дж/кг·°С;$\Delta t_{ср}$ – средняя разность температур, ·°С.

Коэффициент k можно определить

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \tag{4.16}$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости, Вт/м^2·°С;α_2 – коэффициент теплоотдачи от ламинарного наружного потока к стенке, Вт/м^2·°С.

Коэффициент α_1 определяют по формуле

Репозиторий БГАТУ

$$\frac{\alpha_1 d}{\lambda} = \mathrm{Nu} = 0{,}021\mathrm{Re}^{0{,}3}\,\mathrm{Pr}^{0{,}43}\left(\frac{\mathrm{Pr}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{0{,}25}, \qquad (4.17)$$

где Nu – критерий Нуссельта;Re – критерий Рейнольдса;Pr – критерий Прандтля при средней логарифмической температуре жидкости;$\mathrm{Pr}_{ст}$ – критерий Прандтля при температуре пограничного слоя.

Если жидкость охлаждается вследствие кипения в трубах аммиака или фреона, то

$$\alpha_1 = Aq^m, \qquad (4.18)$$

где A – коэффициент;q – количество тепла, приходящегося на 1 м^2 поверхности ($q=\alpha\Delta t$); m– коэффициент, (для аммиака m=0,7).

В зависимости от температуры кипения аммиака коэффициент А меняется следующим образом (табл. 4.1).

Таблица 4.1 - Зависимость изменения коэффициента А от температуры кипения аммиака

Температура, °С	-30	-20	-10	0
Коэффициент А	3,36	3,7	4,06	4,36

При использовании фреона в пределах температур –30…0°С α_1 выражается формулой

$$\alpha_1 = 3{,}4q^{0{,}7}. \qquad (4.19)$$

где α_2 можно определить по выражению Лейбензона и Марьянова для закрытого плоского потока

$$Nu = \frac{4\alpha_2 b}{\lambda} = 7{,}57 \text{ или } 1{,}9 = \frac{\alpha_2 b}{\lambda}. \qquad (4.20)$$

Кук рекомендует следующее соотношение

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_в} = \frac{\lambda_2}{\lambda_в}\sqrt[3]{\frac{\nu_в}{\nu_2}}, \qquad (4.21)$$

где $\nu_в$ и ν_2 – соответственно вязкость воды и продукта;$\lambda_в$,λ_2 – соответственно коэффициенты теплопроводности воды и продукта;$\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи воды, Вт/м^2·°С.

Коэффициент $\alpha_в$ теплоотдачи можно определить по табл. 4.2.

Таблица 4.2. Значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_в$

Оросительные охладители	Коэффициент теплопередачи при охлаждении, Вт/м^2·°С	
	молока	сливок
Цилиндрические	900…1200	500…700
Плоские:		
водяная секция	1200…1800	700…1200
рассольная секция	800…1300	600…850

Поверхность охлаждения можно определить по одной из формул, представленных в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Определение площади поверхности охлаждения

Охладитель	Формула для определения поверхности охладителя, м^2
Цилиндрический	$F = \pi\frac{D+d}{2}Sn + \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right) + \pi D\frac{h_1 + h_2}{2}$
Плоский с круглыми трубами	$F = (\pi D - 2i)nl$
Плоский с трубами фасонного сечения	$F = 2Snl$

Репозиторий БГАТУ

где S – внешняя образующая витка, м;n – число витков;D иd – максимальный и минимальный диаметры, м; $\frac{h_1 + h_2}{2}$ - средняя высота нижней цилиндрической части, м;i – ширина припайки между трубами, м;l – длина трубы, м.

Производительность охладителя должна соответствовать пропускной способности распределителя охлаждаемой жидкости

$$\frac{G}{\rho} = \frac{kF \cdot \Delta t_{cp}}{c(t_1 - t_2)\rho} \varphi f_0 \sqrt{2gH}\ , \tag{4.22}$$

где f_0 – площадь отверстия, м^2;φ - коэффициент истечения;H – уровень жидкости в распределителе, м;ρ - плотность жидкости, кг/м^3.

Количество влаги, $K_в$, испаренной с поверхности оросительного охладителя, можно определить по формуле

$$K_в = FT_{ox}C_0(p_{ж} - \varphi p_в)760 \text{ или } K_в = FT_{ox}\frac{a}{c_в}(d'' - d'), \tag{4.23}$$

где T_{OX} - продолжительность охлаждения, ч;$\rho_{ж}$ – давление паров в состоянии насыщения при температуре жидкости, мм.рт.ст.;$\rho_в$ – давление паров при температуре окружающего воздуха, мм.рт.ст;$c_в$ – теплоемкость воздуха, Дж/кг·°С;φ - относительная влажность воздуха;d''- содержание влаги на 1 кг сухого воздуха при температуре жидкости и полном его насыщении, кг;d' - содержание влаги на 1 кг сухого вещества при его действительном состоянии, кг;C_0 – опытный коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха;C_0=0,0229+0,0174$v_в$,$v_в$ – скорость движения воздуха, м/с.

Для оросительных охладителей $\frac{a}{c_в} = 22{,}5$.

Количество тепла Q, которое теряет жидкость вследствие испарения, рассчитываю по формуле

$$Q = K_в r\ , \tag{4.24}$$

где r – теплота парообразования при температуре испарения, Дж/кг.

Расход воды или рассола устанавливают из уравнения теплового баланса

$$Gc(t_1 - t_2) = G_в c_в\left(t_2^{'} - t_1^{'}\right), \tag{4.25}$$

где G – количество продукта, кг;$G_в$ – количество воды, кг;c – теплоемкость продукта; Дж/кг·°С; t_2 и $t_2^{'}$ - конечная температура молока и воды, °С; t_1 и $t_1^{'}$ - начальная температура молока и воды, °С;$c_в$ – теплоемкость воды, Дж/кг·°С.

Если охладитель многосекционный (водяные секции, рассольные), расчет производится для каждой секции отдельно. При этом конечная температура предыдущей секции является начальной для последующей.

Во всех конструкциях охладителей молоко протекает по рабочей поверхности тонким слоем, что обеспечивает быструю и равномерную теплоотдачу. Отношение количества затраченного теплоносителя к количеству молока называется коэффициентом расхода воды или рассола. Он равен для водяных секций 2…3, а для рассольных - 1,5…2,5.

Практическое занятие.Рассчитать оросительный охладитель. Внутри труб циркулирует холодная вода или рассол, а наружная поверхность труб омывается тонким слоем молока.

Определить производительность охладителя при охлаждении молока отt_H = 80° С, если поверхность охладителя F = 9,5 м^2. Рабочая ширина охладителяB = 2 м, диаметр труб 37 мм.

Решение. Предельная разность температур на оросительных охладителях принимается 3 градуса. Если применить ледяную воду с t_0= 0 °С, то конечная температура молока t_K= 0 + 3 == 3° С. Средняя температура молока t_{cp} = 41,5 ° С. Теплофизические константы молока: $C_м$=3940 Дж/кг·град, λ = 0,56 Вт/м·град, ρ = 1020 кг/м^3, μ= 1·10^{-3} Н·с/м^2, Pr =7,2.

Теплофизические константы при начальной температуре молока: $C_м$=3850,λ = 0,638, μ= 0,58·10^{-3}, ρ= 999,6, Pr = 3,43.

Температура воды на выходе при кратности n = 3,

Репозиторий БГАТУ

$$t_2' = \frac{3940}{3 \cdot 4187}(80-3) + 0 = 24°C\ .$$

Средняя температура воды $t_{ср}$=12 °С.

Теплофизические константы воды: $C_в$ = 4187 Дж/кг·град, λ = 0,574 Вт/м·град, ρ = 1000 кг/м^3, μ= 1,33·10^{-3} Н·с/м^2, Pr = 9.

При небольшом нагреве воды вместо перекрестного тока принимаем противоток, тогда:

$$k_T = \frac{80-3}{(80-24)-3} 2,3 \lg \frac{56}{3} = 4,25.$$

Без учета температурного режима производительность легко определить из уравнения сплошности потока. Для открытого аппарата, по вертикальной стенке которого стекает тонким слоем молоко, уравнение сплошности:

$$2B\delta\omega\rho = m$$

.

Толщина стекающей пленки определяется по формуле

$$\delta = 5\sqrt[3]{\nu^2} = 5\sqrt[3]{\frac{0,638^2}{10^{12}}} = 0,37 \text{мм}.$$

Скорость течения пленки определяется по формуле

$$\omega_n = 80\sqrt[3]{\nu} = 80\sqrt[3]{\frac{0,638}{10^6}} = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

В формулах кинематическая вязкость принимается по начальной температуре молока ν = 0,638·10^{-6}.

$$\omega_n = 80\sqrt[3]{\frac{0,638}{10^6}} = 0,6 \ \frac{\text{м}}{\text{сек}}.$$

Определим расход молока по обе стороны стенки по уравнению сплошности потока:

$$Q = 2 \cdot 2 \cdot 0,00037 \cdot 0,6 \cdot 1019 \cdot 3600 = 3260 \ \text{т/ч}.$$

Для обеспечения заданного температурного режима надо проверить потребную длину потока. Скорость течения воды в трубах:

$$\omega = \frac{3 \cdot 3260}{0,785 \cdot 0,035^2 \cdot 1000 \cdot 3600} = 2,82 \ \text{с}.$$

Критерий Рейнольдса для воды:

$$\text{Re} = \frac{2,82 \cdot 0,035 \cdot 10^6}{1,38} = 74500\ .$$

Коэффициент теплоотдачи:

$$a_2 = \frac{0,052 \cdot 0,574 \cdot 74500^{0,72} \cdot 9^{0,48}}{0,035} = 7950 \ \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град}.$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к молоку определяется по формуле

$$a_1 = \frac{1,89\lambda}{\sqrt[3]{\frac{3\mu m_{кр}}{\rho^2}}}.$$

Критическая нагрузка по средней температуре молока:

$$m_{кр} = 400\mu = 400 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,4 \ \text{кг} / \text{с}.$$

Тогда:

$$a_1 = \frac{1,89 \cdot 0,567}{\sqrt[3]{\frac{3 \cdot 0,96 \cdot 0,4}{10^3 \cdot 1019^2}}} = 1040 \ \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град}.$$

Общий коэффициент теплопередачи:

Репозиторий БГАТУ

$$k = \frac{1}{\frac{1}{1040} + \frac{0,001}{15} + \frac{1}{7950}} = 860 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{град.}$$

Длина потока:

$$L = \frac{0,00037 \cdot 0,6 \cdot 1019 \cdot 3930 \cdot 4,25}{860} = 4,4 м.$$

Полезная поверхность охладителя задана F = 9,5 м^2. Трубы спаяны между собой через перемычки, поэтому часть образующей трубок выпадает из теплообменника. Длина образующей, занятая перемычками, приближенно i =5 мм. Число труб в охладителе с учетом перемычек:

$$n = \frac{F}{\pi(d - 2i)B} = \frac{9,5}{3,14(0,037 - 2 \cdot 0,005)2} = 56.$$

Рабочая длина площади теплообмена

$$L_p = 56 \cdot 3,14(0,037 - 0,005) = 4,75 \text{ м.}$$

В эту длину включены две стороны охладителя. Длина одной стороны L = 2,375 м. Высота трубной части охладителя H = 56·0,037 = 2,07 м.

Сравнивая расчетную и фактическую длины, видим, что охлаждение молока до заданной температуры невозможно. Действительно возможная производительность:

$$Q = \frac{F k}{c k_т} = \frac{9,5 \cdot 860 \cdot 3600}{3940 \cdot 4,25} = 1760 \text{ кг / ч.}$$

Поданным каталога, производительность охладителя 2000 кг/ч, при этом нижняя часть труб охлаждается рассолом.

Из уравнения сплошности потока производительность в 1,85 раза больше, чем по тепловому расчету. При наличии рассольной секции можно увеличить конечную разность температур до 10 град, тогда конечная температура на водяной секции t_K= 10° С.

Температура воды на выходе:

$$t_в = \frac{3940}{3 \cdot 4187}(80 - 10) + 0 = 22 \,^\circ C.$$

Для водяной секции:

$$k_т = \frac{80 - 10}{(80 - 22) - 10} = 2,3 \lg \frac{58}{10} = 2,56.$$

Такое изменение температуры молока мало скажется на общем коэффициенте теплопередачи, и можно его оставить без изменения, тогда поверхность водяной секции:

$$F_в = \frac{mCk_т}{k} = \frac{2000 \cdot 3940 \cdot 2,56}{3600 \cdot 860} = 6,6 \text{ м}^2.$$

Поверхность рассольной секции:

$$F_р = 9,5 - 6,6 = 2,9 \text{ м}^2.$$

Начальная температура рассола обычно $t_р$= -5 °С. Тогда температура рассола на выходе при кратности n = 3

$$t_в = \frac{3940}{3 \cdot 3260}(10 - 4) + (-5) = -26 \,^\circ \text{C}.$$

Средняя температура молока на рассольной секции $t_{ср}$=7 °С. Теплофизические константы молокаρ =1030 кг/м^3; λ = 0,45 Вт/м·град,μ= 2,75·10^{-3} Н·с/м^2.

Нагрузка на 1 пог. м

$$m = \frac{2000}{3600 \cdot 4} = 0,139 \text{ кг / с.}$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к молоку:

Репозиторий БГАТУ

$$a_1 = \frac{1,89 \cdot 0,45}{\sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2,75 \cdot 0,139}{10^3 \cdot 1030^2}}} = 735 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{град.}$$

Средняя температура рассола $t_{ср}$ = -4 °С. Теплофизические константы рассола: С= 3330 Дж/кг·град,ρ =1183 кг/м^3; λ = 0,52 Вт/м·град; μ= 3,5·10^{-3} Н·с/м^2, Pr = 22.

При кратности рассола n = 3 скорость течения его в трубах:

$$\omega_\rho = \frac{2000 \cdot 3}{1183 \cdot 3600 \cdot 0,785 \cdot 0,035^2} = 1,47 \text{ м / с.}$$

Критерий Рейнольдса для рассола:

$$\text{Re} = \frac{1,47 \cdot 0,035 \cdot 1183 \cdot 10^3}{3,5} = 17300.$$

Коэффициент теплоотдачи от рассола к стенке:

$$\alpha_2 = \frac{0,052 \cdot 0,52 \cdot 17300^{0,72} \cdot 22^{0,48}}{0,035} = 3870 \text{ Вт/м}^2 \text{ град.}$$

Общий коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{735} + \frac{0,001}{15} + \frac{1}{3870}} = 595 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{град.}$$

Температурный критерий на рассольной секции $k_т$= 0,238. Потребная поверхность теплообмена

$$F_p = \frac{2000 \cdot 3940 \cdot 0,238}{3600 \cdot 595} = 0,87 \text{ м}^2.$$

По данным каталога, F_p = 2,9 м^2, следовательно, можно повысить начальную температуру рассола. Низкая температура рассола может вызвать примерзание молока на нижних трубах.

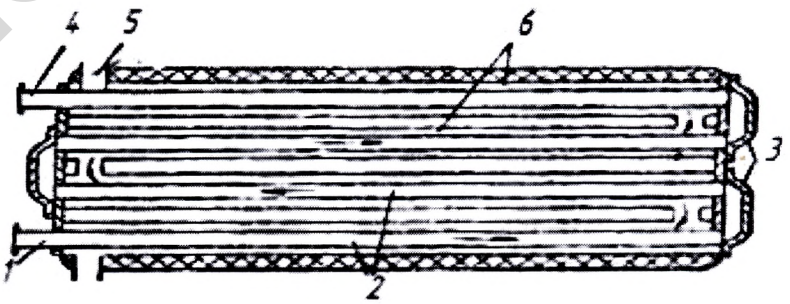
4.6 Рабочий процесс и расчет противоточного охладителя молока закрытого типа

Закрытые охладители бывают трубчатыми и пластинчатыми. Они обладают следующими преимуществами герметичных аппаратов:

– обеспечивается непрерывность потока и более интенсивная теплопередача

– улучшаются санитарно-гигиенические условия обработки.

Трубчатый охладитель состоит из комплекта двойных труб, вставленных одна в другую и вальцованных в коллекторы (рис. 4.18). Коллекторы закрывают крышками, снабженными резиновыми прокладками. Охладитель имеет кожух с тепловой изоляцией.



Риунок 4.18 - Трубчатый закрытый охладитель

1 – патрубок для выхода молока: 2 – внутренние трубы; 3 – соеденительные калачи; 4 – патрубок для выхода молока; 5 – труба для входа хладогента; 6 – наружные трубы

Репозиторий БГАТУ

Молоко поступает через патрубок 1 во внутренние трубы 2, соединенные калачами 3. Последовательно пройдя все трубы, оно выходит через патрубок 4.

Хлодогент циркулирует по кольцевому пространству противопотоком сверху в низ.

Расход тепла и хладагента находится из уравнения теплового баланса:

$$QC(t_2 - t_1) = Fk\Delta t_{cp}, \tag{4.26}$$

где Q – производительность охладителя, кг/с; t_2, t_1 – конечная и начальная температура охлаждаемой жидкости (молока), град; C – теплоемкость молока, Дж/кг град; F – поверхность теплопередачи, м^2; k – коэффициент теплопередачи, Вт/м^{2}град; Δt – средняя разность температуры хладагента, град.

Обозначив степень охлаждения молока δt температурный критерий, в общем виде, определяется по формуле

$$k_\tau = \frac{t_2 - t_1}{\Delta t_{cp}} = \frac{\delta t}{\Delta t_{cp}}; \tag{4.27}$$

– при охлаждении холодной водой

$$k_\tau = 2{,}3\ lg\frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0}; \tag{4.28}$$

– при противоточном движении двух жидкостей

$$k_\tau = \frac{t_2 - t_1}{(t_1 - t_в) - (t_2 - t_0)} 2{,}3\ lg\frac{t_1 - t_в}{t_2 - t_0}, \tag{4.29}$$

где t_0 – средняя температура хладагента, град; $t_в$ – конечная температура хладагента, град.

Тогда уравнение 4.26 можно представить в следующем виде

$$QmCk_\tau = Fk. \tag{4.30}$$

Коэффициент теплопередачи для плоской стенки тонкостенных труб определяется по формуле

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \tag{4.31}$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от среды к стенке, Вт/м^2 град; α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к среде, Вт/м^2 град; λ – теплопроводность стенки трубы, Вт/м град; δ – толщина трубы, м; δ_1/λ_1, δ_2/λ_2 – термическое сопротивление теплопроводящих слоев, м^2 град/Вт; δ/λ – термическое сопротивление стенки трубы, м^2 град/Вт.

Полученная формула (10.99) позволяет решить две задачи:

1. При известных параметрах теплообменного аппарата определить его производительность.

2. Определить площадь теплообменника при заданной производительности и температурном режиме.

Производительность поточного теплообменника определяется уравнением сплошности потока.

– для кольцевого аппарата

$$Q = \frac{\pi\left(D^2 - d^2\right)\omega\rho}{4}, \tag{4.32}$$

где D – диаметр кольца, м; d – диаметр трубы, м; ω – скорость движения молока в трубе, м/с; ρ – плотность молока, кг/м^3.

– для параллельного пучка труб

$$Q = \frac{\pi d^2 \omega\rho z}{4}, \tag{4.33}$$

где z – число труб в пучке, шт.

Длина канала поточного аппарата

Репозиторий БГАТУ

$$L = r' \omega \rho C \frac{k_\tau}{k}, \qquad (4.34)$$

где r' – гидравлический радиус – отношение площади поперечного сечения канала к обогреваемому периметру, м.

Скорость течения охлаждаемой жидкости

$$\omega = \sqrt[3]{\frac{8k\Delta p}{k_c \rho^2 k_\tau C}}, \qquad (4.35)$$

где k_c – коэффициент сопротивления движению жидкости; Δp – потеря напора движущейся жидкости, Н/м^2.

Наибольшее распространение в сельскохозяйственном производстве получили *закрытые проточные с противоточным движением молока и охладителя,* рабочим элементами которых являются теплообменные пластины (рис. 4.19).

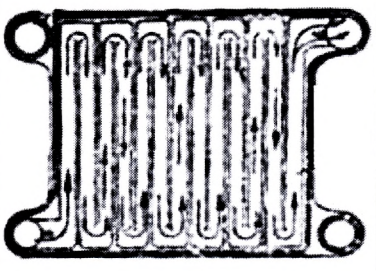
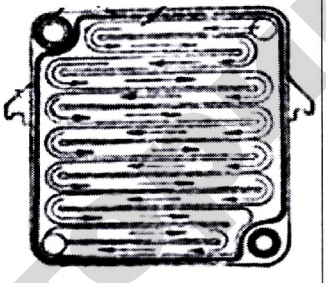
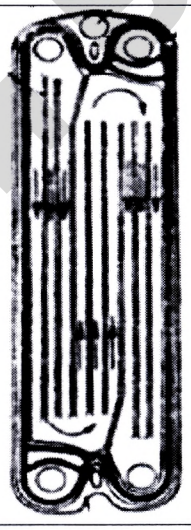
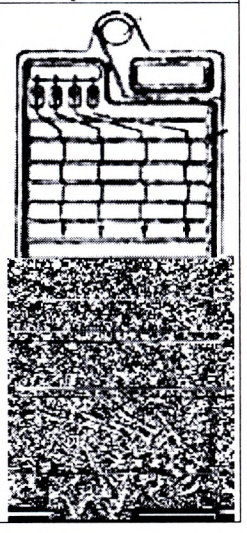
– с вертикальными фрезеровальными каналами	– с горизонтальными штампованными каналами	– с вертикальными штампованными каналами	– штампованная однопоточная с волнистой поверхностью
			

Рисунок 4.19 - Теплообменные пластины

Более современны штампованные аппараты с вертикальными или горизонтальными каналами. Штампованные пластины изготавливают из тонколистовой (толщиной около 1 мм) нержавеющей хромоникелевой или хромоникельмолибденовой стали, устойчивой к коррозии при высокой влажности, а также при использовании щелочных и кислотных моющих растворов. Теплопередающая (рабочая) поверхность одной пластины от 0,2…0,25 до 0,3…0,35 м^2.

В некоторых агрегатах штампованные пластины чередуются с гладкими. Глубина каналов (толщина слоя жидкости при сжатом пакете пластин) составляет 3…6 мм. По каждой из пластин пакета проходит часть общего потока, при этом во всех пластинах одного пакета продукт движется в одном направлении.

Охладитель представляет собой набор имеет теплообменных однотипных пластин, две разделительные пластины и одну крайнюю пластину, установленную у прижимной плиты. Разделительные и крайняя пластины, в отличие от остальных, имеют два отверстия. Каждая пластина, кроме крайней, имеет приклеенную уплотнительную прокладку (рис. 4.20).

Пластины зажаты между плитами стяжными болтами. В упорной плите установлены резиновые кольца, а в прижимной – уплотнительные. Сборку охладителя необходимо производить согласно схеме компоновке пластины. Все нечётные пластины установить против штуцера "молоко" концами с клеймом А, а всё четные концами с клеймом «Б», за исключением крайней

Репозиторий БГАТУ

пластины, которую установить с клеймом «А». Разделительные пластины установить по порядку, как 1–ю и 22–ю. После сборки охладителя пластины стягиваются.

При работе молоко, подлежащее охлаждению, из сепаратора – молокоочистителя поступает в охладитель через штуцер упорной плиты и попадает в продольный коллектор, образованный отверстиями пластин.

Хладоноситель (вода) подается через штуцер прижимной плиты, движется в направлении, противоположном направлению движения молока и выходит из охладителя через штуцер упорной плиты.

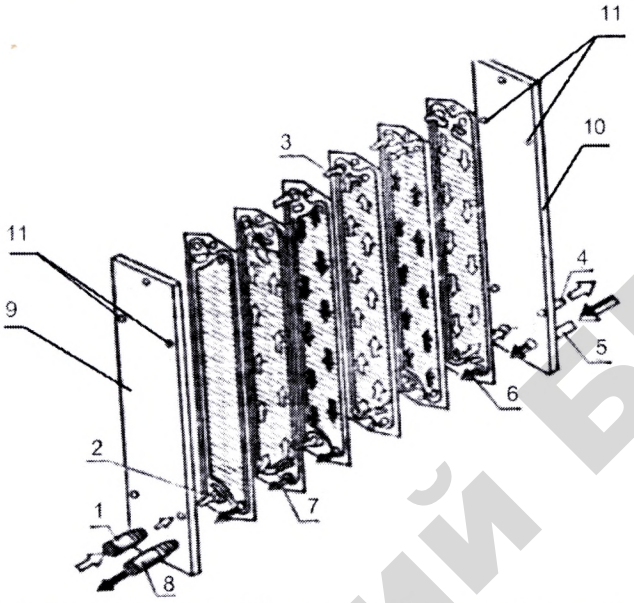


Рисунок 4.20 - Схема движения теплообменивающихся сред в пластинчатом охладителе: 1 и 4 – патрубки для подвода и отвода молока; 2 и 3 – соответственно нижний и верхний продольные каналы движения молока; 5 и 8 – патрубки для подвода и отвода хладоносителя; 6 и 7 – нижние продольные каналы движения хладоносителя; 9 – нажимная плита; 10 – упорная плита; 11 – отверстия для стяжных болтов

Пакеты пластин образуют секции, расположение которых бывает одноярусным и двухъярусным, односторонним и двухсторонним. К массивным пластинам, разделяющим секции, а также к нажимной плите и станине аппарата присоединяют трубопроводы для молока и рабочих жидкостей.

Теплообмен между теплообменными средами в пластинчатых охладителях происходит через стенки, интенсивность которого зависит от разности температур охлаждающейся и охлаждаемой сред и коэффициента теплопередачи.

Чтобы обеспечить наилучшие условия теплопередачи, режим движения хладоносителя должен быть турбулентным (Re > 2320), а на поверхности охладителя, поперек горизонтальных труб, жидкость должна двигаться ламинарно.

При движении хладоносителя внутри каналов возникают значительные гидравлические сопротивления. Необходимый напор перед аппаратом вычисляют по формуле

$$H_{an} = H_1 + \frac{v_{xл}^2}{2g}\left(1 + \lambda_{TP}\frac{l_{охл}}{d_{тр}} + \sum \lambda_{MC}\right), \quad (4.36)$$

де H_1 – высота установки приемника охладителя над уровнем насоса, подающего воду или рассол в охладитель, м; $v_{хл}$ – скорость движения хладоносителя, м/с; $l_{охл}$ – длина труб охладителя, м; $d_{тр}$–диаметр труб, м; λ_{TP} – коэффициент сопротивления трения; λ_{MC} – коэффициент местных сопротивлений.

Для каналов некруглого сечения необходимо определять эквивалентный диаметр:

Репозиторий БГАТУ

$$d_{экв} = \frac{4F_к}{P_к}, \quad (4.37)$$

где $F_к$ – площадь поперечного сечения канала, м^2; $P_к$ – периметр поперечного сечения канала, м.

Число рабочих пластин в секции (теплообменных поверхностей):

$$z_{пл} = \frac{F}{S_{пл}}, \quad (4.38)$$

где $S_{пл}$ – площадь рабочей поверхности одной пластины, м^2.

Чтобы молоко успело охладиться до заданной температуры, оно должно находиться в охладителе определенное время и это можно представить, как необходимое количество тепла для охлаждения молока, находящегося одновременно в охладителе (количество каналов для молока Z_m/ 2):

$$\theta_m = S_{пл}\ \Delta l \frac{z_{пл}}{2} \rho_м C_м (t_{нм} - t_{км}). \quad (4.39)$$

Выразив через количество тепла по формуле Ньютона определим время нахождения молока в охладителе:

$$\tau = \frac{S_{пл}\ \Delta l z_{пл} \rho_м C_м (t_{нм} - t_{км})}{2\ k_{ст}\ F \Delta t_{ср}}, \quad (4.40)$$

это же время можно определить по скорости движения молока в охладителе:

$$\tau = \frac{h}{v_м}. \quad (4.41)$$

Скорость движения молока в охладителе:

$$v_м = \frac{2\ k_{ст}\ F \Delta t_{ср} h}{S_{пл}\ \Delta l z_{пл} \rho_м C_м (t_{нм} - t_{км})}. \quad (4.42)$$

Производительность охладителя:

$$Q_м = v_м S_{пл}\ C_м\ \Delta l \frac{z_{пл}}{2} = \frac{2\ k_{ст}\ F\ h\ \Delta t_{ср}\ S_{пл}\ \Delta l\ C_м z_{пл}}{2\ S_{пл}\ \Delta l\ z_{пл} C_м C_м (t_{нм} - t_{км})} = \frac{k_{ст}\ F\ h\ \Delta t_{ср}}{C_м (t_{нм} - t_{км})}. \quad (4.43)$$

Пользуясь приведенными формулами, по заданной производительности можно определить параметры охладителя. Если охладитель многосекционный (водяные секции, рассольные), расчет производится для каждой секции отдельно. При этом конечная температура предыдущей секции является начальной для последующей.

Производительность охладителя должна соответствовать пропускной способности распределителя охлаждаемой жидкости:

$$\frac{G}{\rho} = \frac{k_{ст}\ F_{охл}\ \Delta t_{ср}}{C_м (t_1 - t_2) \rho} \varphi\ f_0 \sqrt{2\ g\ H_{ж}}, \quad (4.44)$$

где f_0 – площадь отверстия, м^2; φ – коэффициент истечения; $H_ж$ – уровень жидкости в распределителе, м; ρ – плотность жидкости, кг/м^3.

Расход воды или рассола устанавливают из уравнения теплового баланса

$$G_{пр} C_м\ (t_{к.в} - t_{к.м}) = G_в C_в\ (t_{н.в} - t_{н.м}), \quad (4.45)$$

где $G_{пр}$ – количество продукта, кг; $G_в$– количество воды, кг.

Пример расчета. Рассчитать теплообменник, состоящий из двух труб – внутренней и наружной. Диаметр наружной трубы 35 мм. Внутренний диаметр трубы 25 мм, толщина трубы δ = 15 мм, теплопроводность стали λ=12 Вт/м град.

Репозиторий БГАТУ

Начальная температура охлаждаемой жидкости (молока) t_2, =26 °С, конечная температура охлаждаемой жидкости t_1=10 °С.

Начальная температура хладагента (воды) $t_в$ =9 °С, конечная температура t_0=25 °С.

Требуется определить потребную длину труб установки при производительности теплообменника 500 л/час.

Теплофизические константы воды и молока приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Теплофизические константы воды и молока

Показатели	Обозначение	Теплофизические константы	
		воды	молока
Теплоемкость жидкости, Дж/кг·град	C	4187	3940
Теплопроводность, Вт/м·град	λ	0,58	0,55
Плотность, кг/м^3	ρ	999	1022
Динамический коэффициент вязкости жидкости, Н·с/м^2	μ	$1{,}3\cdot10^{-3}$	$1{,}1\cdot10^{-3}$
Критерий Прандтля	Pr	9	7,5

Решение. Определим скорость движения молока

$$\omega_м = \frac{Q}{0{,}785d^2\rho} = \frac{500}{0{,}785\cdot0{,}025^2\cdot1020\cdot3600} = 0{,}28 \text{ м/с.}$$

Определим скорость движения воды

$$\omega_в = \frac{Q}{0{,}785d^2\rho} = \frac{500}{0{,}785\cdot0{,}035^2\cdot999\cdot3600} = 0{,}14 \text{ м/с.}$$

Критерий Рейнольдса для молока

$$\mathrm{Re}_м = \frac{\omega d\rho 10^3}{\mu} = \frac{0{,}28\cdot0{,}025\cdot1022\cdot10^3}{1{,}1} = 6504$$

Критерий Рейнольдса для воды

$$\mathrm{Re}_в = \frac{\omega d\rho 10^3}{\mu} = \frac{0{,}14\cdot0{,}035\cdot999\cdot10^3}{1{,}3} = 3765.$$

Коэффициент теплоотдачи от молока к стенке трубы

$$\alpha_1 = \frac{0{,}052\lambda RePr}{d} = \frac{0{,}052\cdot0{,}55\cdot6504^{0{,}72}\cdot7{,}5^{0{,}48}}{0{,}025} = 1736, Вт/м^2 град.$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки трубы воде

$$\alpha_2 = \frac{0{,}052\lambda RePr}{D} = \frac{0{,}052\cdot0{,}58\cdot3765^{0{,}72}\cdot9^{0{,}48}}{0{,}035} = 938{,}1, Вт/м^2 град.$$

Коэффициент теплопередачи молока

$$k = \frac{1}{\frac{1}{1136} + \frac{0{,}0012}{15} + \frac{1}{938{,}1}} = 500, Вт/м^2 град.$$

Температурный критерий при движении двух жидкостей

$$k_\tau = \frac{t_1 - t_2}{(t_1 - t_0) - (t_0 - t_а)} 2{,}3lg\frac{t_1 - t_0}{t_0 - t_а} = \frac{26-10}{(26-9)-(25-10)} 2{,}3lg\frac{(26-9)}{25-10} = 0{,}98$$

Потребная длина трубы для охлаждения молока

$$L_м = r'\omega\rho C\frac{k_\tau}{k} = \frac{0{,}01\cdot0{,}28\cdot1022\cdot3940\cdot0{,}98}{500} = 27{,}6 \text{ м.}$$

Потребная длина трубы для воды

Репозиторий БГАТУ

$$L_в = \frac{0,02 \cdot 0,15 \cdot 999 \cdot 4187 \cdot 0,98}{500} = 24,6 \ м.$$

Расчет теплообменного аппарата показывает, что потребная длина внутренней трубы для охлаждения молока до заданной температуры имеет больший размер, чем наружная труба для воды. При изготовлении установки, для уменьшения длины внутренней трубы для охлаждения молока, ее можно изготовить в виде спирали.

Для уменьшения габаритов установки, можно изготовить несколько параллельно работающих секций.

4.7 Технологии и оборудование для охлаждения молока с помощью холодильных машин и установок

4.7.1 Танки-охладители и резервуары

Искусственные способы заключаются в обработке его с помощью холодильных машин и установок. Для охлаждения и хранения молока на животноводческих фермах и комплексах выпускают молочные танки, которые в свою очередь подразделяются на танки-охладители и танки-термосы.

Танки-охладители - наиболее совершенное технологическое оборудование молочных ферм, обеспечивающее глубокое охлаждение молока и его хранение в охлажденном виде в условиях ферм, которые подразделяются на танки с автономной системой охлаждения (табл. 4.5) и непосредственным охлаждением (табл. 4.6). Танки-термосы в отличие от танков-охладителей не имеют водяных рубашек, обеспечивающих циркуляцию охлаждающей жидкости. Они имеют только термоизоляцию, обеспечивающую хранение в них охлажденного продукта.

Таблица 4.5. Технические характеристики резервуаров для молока с автономной системой охлаждения

Показатели	ТОВ-1	ТО-2	РПО-1,6	РПО-2,5
1	2	3	4	5
Вместимость, л	1000	2000	1600	2500
Потребная мощность, кВт	2,4	2,4	6,35	11,45
Температура охлажденного молока, °С	4	4	4	4
Повышение температуры молока при хранении его в течение 12 ч, °С	до1,0	до1,0	1,0-2,0	1,0-2,0
Габаритные размеры, мм				
длина	1620	2780	1860	2850
ширина	1435	1370	1360	1360
высота	2320	1500	1530	1530
Масса, кг	520	660	1040	1915

Таблица 4.6. Технические характеристики танков-охладителей с непосредственным охлаждением молока

Показатели	СМ-1250	ТОМ-2А	РНО-1,6	РНО-2,5	МКА-2000Л-2А
Вместимость, л	1200	2000	1600	2500	2000
Потребная мощность, кВт	3,94	10,87	6,7	6,8	6,15
Температура охлаждения молока, °С	4	2-3	3,5	3,5	3-4
Повышение температуры молока при хранении его в течение 12 ч, °С	1	1-2	1	1	2-3
Габаритные размеры, мм					
длина	2860	4037	2200	3000	4200
ширина	1090	1646	1400	1400	2000
высота	1600	1754	1200	1200	1500
Масса, кг	750	1520	1010	1100	650

Репозиторий БГАТУ

Танк-охладитель ТОВ-1 (рис. 4.21) предназначен для сбора, охлаждения и хранения молока на фермах с поголовьем до 100 коров. Цистерна танка закрывается герметически, что позволяет направлять молоко в танк непосредственно из молокопровода.

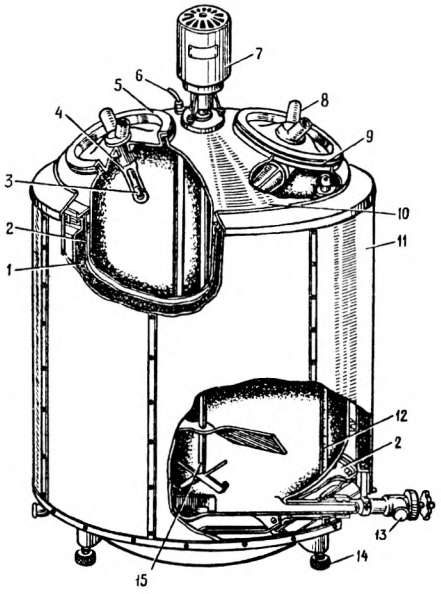


Рисунок 4.21 - Танк-охладитель ТОВ-1: 1-теплоизоляционный слой; 2- водяная рубашка; 3-шаровой клапан; 4-корпус клапана; 5, 8-крышки люка; 6-термоконтактный датчик; 7-электро-двигатель мешалки; 9-прокладка; 10-крышка танка; 11-корпус; 12-мерная линейка; 13-кран молочный; 14-опора регулируемая; 15-мешалка

Танк-охладитель ТОВ-1 состоит из корпуса 11 и вертикально расположенной в нем цистерны. Между внешним цилиндром танка и внешним цилиндром водяной рубашки 2 находится теплоизоляционный слой. В верхней части цистерны расположены две крышки 10, водной из которых имеется шаровой клапан 3, препятствующий поступлению воздуха в цистерну, когда спадает вакуумный шланг. Танк-охладитель оборудован мешалкой 15, мерной линейкой 12 и термоконтактным датчиком контроля температуры молока.

Танк-охладитель ТО-2 предназначен для тех же целей, что и танк-охладитель ТОМ-2,ОА. В отличие от танка-охладителя ТОМ-2,ОА он не имеет встроенного холодильного агрегата, что позволяет устанавливать его в различные помещения фермской молочной.

Танк-охладитель ТО-2 состоит из крышки 2 (рис. 4.22) с заливной горловиной 1, корпуса с внешним кожухом 10, молочной цистерны прямоугольного сечения, мешалки с электродвигателем 4, редуктора 5 и молочного крана 11. Молочная цистерна танка омывается холодной водой или другим хладагентом, подаваемым в танк через патрубок 12. Пройдя по водяной рубашке, вода отводится из танка через патрубок 13. Танк оборудован мерной линейкой 7 и термоконтактным датчиком 15 для контроля температуры молока, находящегося в танке. Теплоизоляционный слой 8 препятствует повышению температуры внутри цистерны и обеспечивает сохранность молока с заданной температурой.

Резервуары промежуточного хранения РПО-1,6 и РПО-2,5 с промежуточным хладоносителем предназначены для сбора, охлаждения и кратковременного хранения (до 20 ч) молока в фермских условиях. В качестве источника холода используют установки типа МВТ-14, МВТ-20, позволяющие охлаждать молоко в резервуарах в течение 3 ч с обеспечением конечной температуры молока 4°С при подаче охлажденной воды 6…8 $м^3/ч$ и температуре окружающего воздуха до 25°С. РПО-1,6 отличается от РПО-2,5 только объемом молочной ванны.

Молочная ванна с двойными стенками изготовлена из листовой антикоррозионной стали. Крышки 2 и 5 (рис. 4.23) молочной ванны имеют люки для заливки молока. Сбрасыватель 1 молока устанавливают во время заполнения ванны молоком, предназначен для направления струи молока на стенку молочной ванны. Уровень жидкости в ванне контролируют по линейке 10.

Мешалка представляет собой изготовленную из антикоррозионного листа прямоугольную лопасть, соединенную полым валом с редуктором 4 и вращающейся с частотой 0,83 $с^{-1}$.

Репозиторий БГАТУ

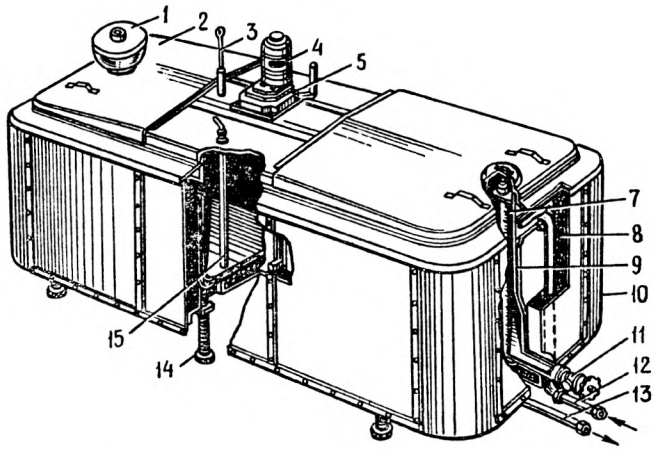


Рисунок 4.22 - Танк-охладитель ТО-2:
1-горловина заливная; 2-крышка; 3-рычаг; 4-электродвигатель мешалки; 5-редуктор мешалки; 6-крышка мерной линейки; 7-линейка; 8-теплоизоляционный слой; 9-водяная рубашка; 10-кожух; 11-молочный кран; 12-патрубок подачи охлаждающей жидкости; 13-патрубок отвода охлаждающей жидкости; 14-опора регулируемая; 15-термоконтактный датчик

Моечное устройство предназначено для полуавтоматической промывки молочной ванны. При промывке моющая жидкость заливается в ванну, включаются насос и мешалка. После промывки жидкость сливается в канализацию.

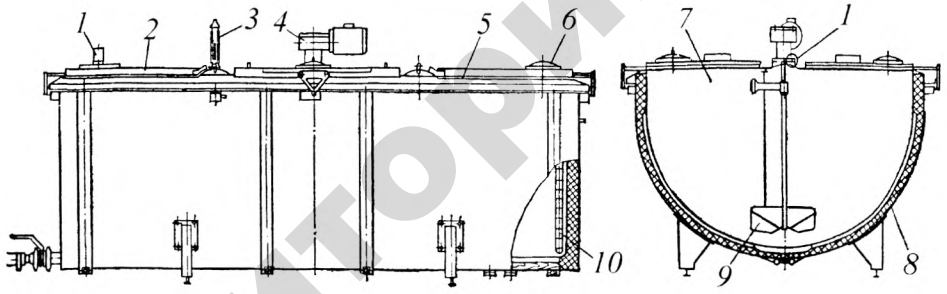


Рисунок 4.23 - Резервуар промежуточного хранения типа РПО:
1-сбрасыватель; 2, 5-крышка; 3-термометрический прибор; 4-редуктор; 6-люк; 7-молочная ванна; 8-термоизоляционный материал; 9-мешалка; 10-линейка для замера молока

Управление электродвигателями мешалки 9 м насоса подачи холодной воды от водоохлаждающей установки осуществляется вручную или автоматически со шкафа управления реле времени и термоконтактор, обеспечивающих перемешивание молока продолжительностью 180 с через каждые 30 мин.

Электродвигатель насоса мойки и перекачки молока включается только вручную.

Установка СМ-1250 предназначена для охлаждения и хранения молока в небольших фермах и молокоприемных пунктах. Она состоит из холодильного агрегата, водосборника 16 (рис. 4.24), молочного бака 15 мешалки и кожуха 9. Водосборник 16 служит для размещения в нем испарителя 12, молочного бака и емкости 17 для охлаждающей воды. В нижней части водосборника имеется штуцер для слива воды, закрываемый пробкой 20. Молочный бак изготовлен из алюминиевых сварных листов. Для слива молока предусмотрен кран 19. Сверху бак закрывается крышками. Мешалка 13 состоит вала и крыльчатки с приводом от электродвигателя мешалки воды через клиноременную передачу.

Работой установка СМ-1250 управляет коробка управления.

Резервуар ТОМ-2А для охлаждения молока предназначен для сбора, охлаждения и хранения молока на молочно-товарных фермах. Холодильный агрегат ФУ-12 приводится от электро-

Репозиторий БГАТУ

двигателя через клиноременную передачу и обеспечивает охлаждение до 72 т молока в сутки при температуре окружающего воздуха до 35°С.

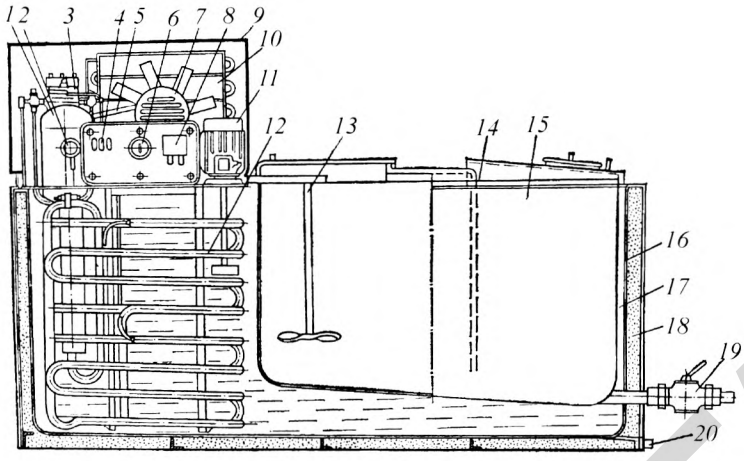


Рисунок 4.24 - Установка для охлаждения молока СМ-1250:
1-ресивер; 2-манометр; 3-компрессор; 4-блок-контактор с датчиком; 5-клиноременная передача; 6-пакетный выключатель; 7-электродвигатель с вентилятором; 8-термостат слоя льда; 9-кожух агрегата; 10-конденсатор; 11-мешалка воды; 12-испаритель; 13-мешалка молока; 14-измерительная линейка; 15-молочный бак; 16-водосборник; 17-емкость для охлаждающей воды; 18-уплотнение; 19-сливной кран; 20-сливная пробка для воды

Резервуар состоит из емкости и встроенного холодильного агрегата. Емкость включает в себя корпус 1 (рис. 4.25), молочную ванну 6, систему промывки 14, редуктор 8 с мешалкой, кожух 12, мерную линейку 10, молочный фильтр 5, молочный кран 2, механическую мойку, устройство 11 для блокировки мешалки, устройство 9 для определения температуры молока.

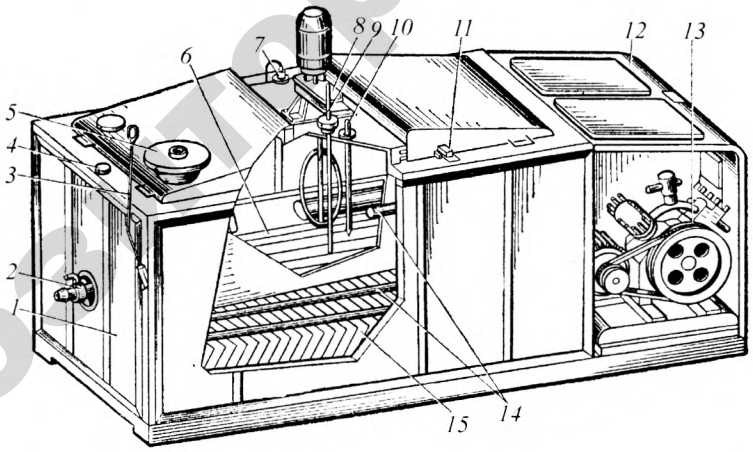


Рисунок 4.25 - Резервуар для охлаждения молока ТОМ-2А:
1-корпус; 2-молочный кран; 3-кронштейн; 4-фильтр; 5-молочный фильтр; 6-молочная ванна; 7-датчик температуры; 8-редуктор; 9-устройство для определения температуры молока; 10-мерная линейка; 11-устройство для блокировки работы мешалки; 12-кожух; 13-компрессорно-конденсаторный блок; 14-система промывки; 15-панельный испаритель

Холодильный агрегат включает в себя испаритель 15, компрессорно-конденсатный блок 13. Емкость и холодильный агрегат смонтированы на общей раме. В корпусе резервуара установлены молочная ванна 6 с крышками, система промывки 10 и погружной панельный испаритель 15.

Репозиторий БГАТУ

ТОМ-2А работает следующим образом. Молоко поступает на охлаждение через молочный фильтр 5 в молочную ванну 6. Залитая через водяной фильтр 4 в корпус резервуара вода охлаждается за счет соприкосновения со льдом, намороженным на панелях испарителя 15 и далее водяным насосом через распределитель подается в желоба в молочной ванне 6 и омывает стенки и днище молочной ванны, охлаждая молоко и при этом нагреваясь сама вновь поступает в корпус 1 для охлаждения. Работа установки предусмотрена в ручном и автоматическом режимах. В автоматическом режиме поворотом рукоятки на пульте управления устанавливают необходимый технологический режим работы резервуара-охладителя: отключение; опробование работы; наморозку льда на панелях испарителя; охлаждение молока до необходимой температуры.

Резервуар-охладитель с непосредственным охлаждением РНО-2,5, поставляемый комплектно, включает резервуар 1 (рис. 4.26) со смонтированным на одной из его панелей шкафом управления 7, насос для откачки молока и фильтр.

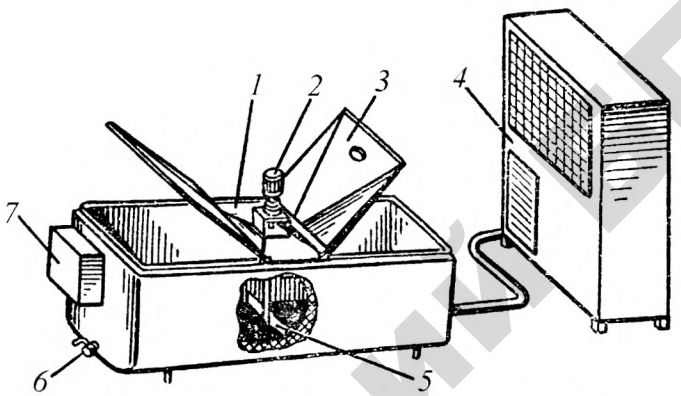


Рисунок 4.26 - Резервуар-охладитель РНО-2,5

Резервуар изготовлен из листовой антикоррозионной стали и состоит из внутренней и наружной ванн, мешалки 5 с мотор-редуктором 2 сливного крана 6, мерной линейки, блокировочного устройства и термометра. Пространство между ваннами заполнено теплоизоляционным материалом. Сверху резервуар закрыт крышками 3. Температура охлажденного молока поддерживается автоматически. по заданной программе термометрическим прибором, подающим сигнал на отключение холодильной установки. Также автоматически обеспечивается управление процессами перемешивания молока.

Резервуар-охладитель РНО-1,6 отличается от РНО-2,5 только вместимостью ванны. Технологический процесс протекает аналогично.

Резервуар непосредственного охлаждения МКА-2000Л-2А (рис. 4.27) предназначен для сбора, охлаждения и хранения суточного надоя молока на фермах. Он состоит из молочной ванны, компрессорно-конденсатного агрегата, электронасос и распределительный шкаф.

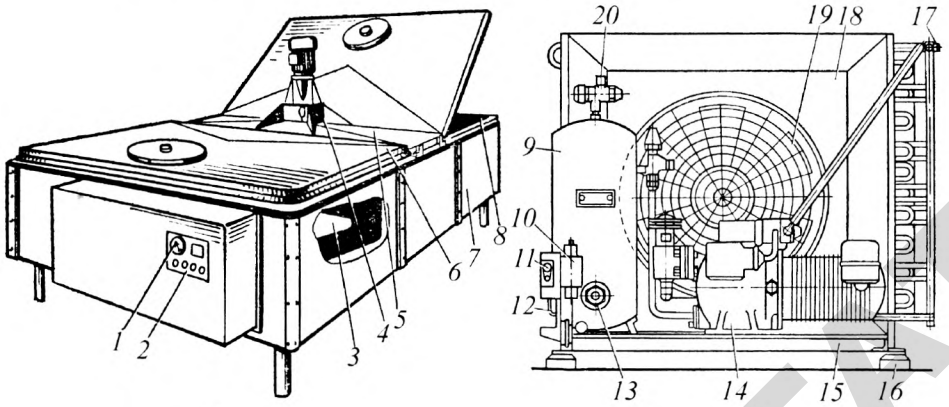
Технологический процесс протекает следующим образом: заполнение молочной ванны молоком, охлаждение молока с перемешиванием, хранение молока, опорожнение молочной ванны, промывка. Управление технологическими процессами может осуществляться в автоматическом и ручном режимах при помощи распределительного шкафа и ящика управления.

Молочная ванна состоит из внутренней ванны 8 (рис. 4.27, а), наружной облицовки 7, крышки 6, траверсы 5 привода 4 мешалки 3. Дно молочной ванны выполнено в виде щелевого испарителя, в котором происходит кипение фреона. На одном из торцов ванны установлен ящик управления 2 с четырехпозиционным переключателем режимов работы, показывающий термометр 1 для визуального контроля температуры молока в ванне, мерной линейки и сливного крана.

Компрессорно-холодильный агрегат (рис. 4.27, б) состоит из компрессора 14, конденсатора 18 воздушного охлаждения с вентилятором 19, ресивера 9, основной рамы 15 с четырьмя амортизаторами 16, приборной доски 12 с реле высокого давления 11 и реле 10 контроля смазки. Компрессор отсасывает пары хладагента из испарителя молочной ванны, сжимает их до

Репозиторий ГГАТУ

давления нагнетания и подает в конденсатор, где происходи конденсация паров хладоносителя. Жидкий хладагент подается в ресивер, а затем через фильтр-осушитель – в терморегулирующий вентиль, где дросселируется до давления кипения.



а) б)

Рисунок 4.27 - Резервуар непосредственного охлаждения молока МКА-2000Л-2А: а) молочная ванна; б) компрессорно-конденсатный агрегат

Ресивер служит для накопления хладагента, уровень которого контролируется по смотровому стеклу 13.

Реле давления отключает компрессор при повышении рабочего давления в системе выше допустимого, а реле контроля смазки отключает компрессор при понижении давления масла.

Молочным насосом 36-3Ц3,5-10 молоко откачивается из молочной ванны, который может применяться также для заполнения молочной ванны.

Установка УОМФ 300 (рис. 4.28) предназначена для сбора, охлаждения и хранения молока в течение 24 ч на фермах с разовым удоем до 150 л и суточным – до 300 л.

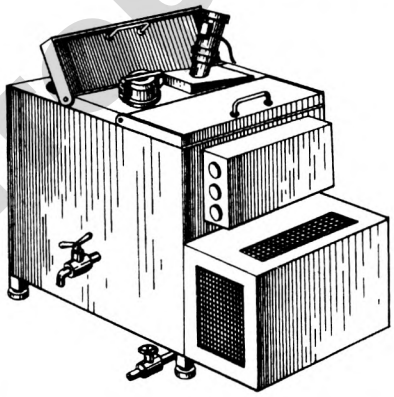


Рисунок 4.28 - Установка для охлаждения молока УОМФ 300

Представляет собой рамную прямоугольную конструкцию, в верхней части которой установлена закрытая крышкой молочная ванна с расположенными в ней трубами оросителя, в нижней – водоледяной аккумулятор с размещенными внутри него испарителем, насос для подачи ледяной воды из водоледяного аккумулятора и агрегат герметичный холодильный.

Заполнение ванны молоком осуществляется через фильтр, расположенный на крышке молочной ванны. Определение объема залитого молока производится при помощи мерного щупа.

Охлаждение молока до установленной температуры (4±1°С), поддержание температуры в этих пределах во время хранения, а также непрерывное перемешивание во время охлаждения и

Репозиторий БГАТУ

периодическое во время хранения (5 мин перемешивание, 40 мин пауза) осуществляется автоматически.

Все детали установки, контактирующие с молоком выполнены из нержавеющей стали.

Вместимость ванны 300 л, температура охлажденного молока - 4°С, потребляемая мощность – 1 кВт, габаритные размеры 1770х1020х1475 мм, масса 295 кг.

Танки для охлаждения и хранения молока фирмы МКТ (Финляндия) предназначены для охлаждения молока на ферме. Изготавливаются нескольких типов МКТ-IP, МКТ-S и МКТ-SL.

Тип МКТ-IP работает по принципу охлаждения молока за счет оттаивания льда, образовавшегося на трубопроводах, которые смонтированы под резервуаром в пространстве, заполненном холодной водой.

Молоко в емкостях типа МКТ-S охлаждается хладагентом, который циркулирует в канале под резервуаром. Наклон днища емкостей обеспечивает быстрый слив молока. Мешалка расположена таким образом, что позволяет перемешивать его с момента поступления.

Модификация оборудования МКТ-SL позволяет присоединять холодильный агрегат с помощью гибкого шланга длиной 3 м. Возможно оснащение резервуара блоком рекуперации тепла и системой безразборной мойки. Блок рекуперации тепла состоит из теплообменника, рекуператора, необходимых клапанов и автоматической системы управления. Благодаря охлаждению молока получают теплую воду температурой 50°С для использования на ферме. Мойка оборудования, ополаскиваение, дезинфекция – безразборная, автоматическая по заданной программе.

Техническая характеристика танков для охлаждения молока фирмы МКТ представлена в табл. 4.7.

Таблица 4.7 - Показатели танков для охлаждения молока фирмы МКТ

Показатель	Марка	
	МКТ-IP	МКТ-S и МКТ-SL
Вместимость, л	400; 600; 900; 1200; 1500; 1800	300; 400; 600
Установленная мощность, кВт	0,4; 0,5; 0,7; 0,9; 1; 1,3	0,4; 0,6; 0,8
Габаритные размеры, мм	1620х1100х990; 2020х1100х990; 2270х1350х990; 2720х1350х990; 2890х1350х1260	1048х1510х805; 1048х1510х935; 1228х1690х935
Масса, кг	220; 268; 339; 380; 420; 530	175; 205; 235

Мешалки позволяют перемешивать воду и молоко, с момента поступления последнего, и расположены таким образом, что обеспечивается их равномерное охлаждение по всему объему соответствующих баков. Для перемешивания применяются лопастные и пропеллерные мешалки.

При работе мешалки затрачивается мощность на преодоление сил трения в смешиваемой среде, определить которую можно по формуле

$$N_p = k_c d_л^5 \rho_ж n^3 z, \tag{4.46}$$

где k_c – коэффициент сопротивления движению жидкости; $d_л$ – диаметр описываемой лопастью окружности, м; $\rho_ж$ – плотность перемешиваемой жидкости, кг/м^3; n – число оборотов мешалки, с$^{-1}$; z – число лопастей мешалки, шт.

Коэффициент сопротивления движению жидкости при значительном погружении мешалки

$$k_c = \frac{A}{Re_м^k}, \tag{4.47}$$

где – A, k – коэффициенты, зависящие от резервуара и мешалки. Представлены в таблице 4.8;$Re_м$ – критерий Рейнольдса. Определяется по формуле

$$Re_м = \frac{n d_л^2}{k_в}, \tag{4.48}$$

где $k_в$ – коэффициент кинематической вязкости перемешиваемой жидкости, м^2/с.

Репозиторий БГАТУ

Потребная мощность электродвигателя на привод мешалки

$$N_{эл} = \beta \frac{N_p}{\eta_м}, \qquad (4.49)$$

где β – коэффициент запаса мощности, $\beta \approx 1{,}1 \ldots 2$; $\eta_м$ – механический к. п. д., $\eta_м = 0{,}6 \ldots 0{,}85$.

Таблица 4.8 - Значения коэффициентов для различных типов мешалок

Тип мешалки	Основные соотношения		Значения коэффициентов	
	$\frac{D}{d_л}$	$\frac{H}{d_л}$	A	k
Двухлопастная с прямыми лопастями	3	3	6,8	0,2
Двухлопастная с лопастями под углом 45^0	3	3	4,05	0,2
Четырехлопастная с прямыми лопастями	3	3	8,52	0,2
Четырехлопастная с лопастями под углом 45^0 (вверх)	3	3	5,05	0,2
Пропеллерная двухлопастная с лопастями под углом $22{,}5^0$	3	3	0,98 5	0,15
Пропеллерная трехлопастная	3,8	3,5	1,19	0,15

*D, H – диаметр и высота молочного танка, м.

Пусковую мощность электродвигателя можно определить по формуле

$$N_п = N_p \left(\frac{k_и}{k_c} + 1 \right), \qquad (4.50)$$

где $k_и$ – коэффициент, учитывающий влияние инерционных сил при пуске электродвигателя, $k_и = 3{,}87\ (h/d_л)$; h – высота лопасти мешалки, м.

Пусковая мощность примерно в 2…4 раза больше потребной мощности.

Практическое занятие. Молочный танк имеет внутренний диаметр емкости 1,8 м, высоту 2,6 м. Диаметр мешалки 0,45 м, высота лопасти 0,06 м. Число оборотов мешалки 140 мин$^{-1}$. Температура молока 5 ^{0}С, кинематическая вязкость $0{,}278 \cdot 10^{-5}$ м^2/с, плотность 1033,3 кг/м^3.

Определить потребную мощность электродвигателя на привод трехлопастной двухрядной пропеллерной мешалки.

Решение. Определим критерий Рейнольдса:

$$Re_м = \frac{n d_л^2}{k_в} = \frac{140 \cdot 0{,}45^2}{60 \times 0{,}00000278} = 171500.$$

Коэффициент сопротивления движению жидкости при значительном погружении мешалки. Из таблицы 10.2 выбираем значения коэффициентов для данного типа мешалки, $A = 1{,}19$, $k = 0{,}15$.

$$k_c = \frac{A}{Re_м^k} = \frac{1{,}19}{171500^{0{,}15}} = 0{,}1965.$$

Мощность на преодоление сил трения в смешиваемой среде

$$N_p = k_c d_л^5 \rho_ж n^3 z = 0{,}1965 \cdot 0{,}45^5 \cdot 1033{,}3 \left(\frac{140}{60} \right)^3 \cdot 2 = 95 \ вт.$$

Пусковая мощность

$$N_п = N_p \left(\frac{k_и}{k_c} + 1 \right) = 95 \left(\frac{0{,}516}{0{,}1965} + 1 \right) = 345 \ вт.$$

Коэффициент, учитывающий влияние инерционных сил при пуске электродвигателя, $k_и = 3{,}87\ (0{,}06/0{,}45) = 0{,}516$.

Потребная мощность электродвигателя на привод мешалки:

Репозиторий БГАТУ

$$N_{эл} = \beta \frac{N_p}{\eta_м} = 1,5 \frac{95}{0,8} = 178 \ вт.$$

Коэффициент запаса мощности, $\beta \approx 1,5$, механический к. п. д., $\eta_м = 0,8$.

4.7.2 Холодильные машины

Для охлаждения и хранения молока на животноводческих фермах и комплексах используются холодильной установки. Они представляют собой емкости из нержавеющей стали, внутри которых находится охлаждаемое молоко. Снаружи емкость имеет герметичную обшивку и термоизолирующую рубашку. Между емкостью и обшивкой перетекает хладагент или хладоноситель, который отбирает тепло у молока, перемешиваемого в емкости специальной мешалкой.

Такие машины работают на принципе резкого охлаждения некоторых технических жидкостей при их испарении в процессе резкого перехода от состояния высокого давления к атмосферному. Такой жидкостью является хладон. При использовании охлажденной испарителем в ванне воды для омывания емкости с молоком, вода является хладоносителем.

Охлаждение воды производится *холодильными машинами*, где хладагент циркулирует по замкнутому контуру, претерпевая фазовые превращения, испаряясь и забирая тепло у охлаждаемой воды, конденсируясь и отдавая тепло окружающему воздуху или проточной воде.

Энергию для осуществления фазовых переходов хладагент получает от компрессора 1, который сжимает газообразный хладагент до давления конденсации. В холодильной машине, кроме того, имеются термобаллон 2, конденсатор 3, теплообменник 4, термовентиль 5, испаритель 6, бак водяной 7, бак молочный 8, мешалка 9, термореле 10, реле давления 11, фильтр-осушитель 12, ресивер 13 и трубопроводы, соединяющие отдельные агрегаты в единую замкнутую систему (рис. 4.29).

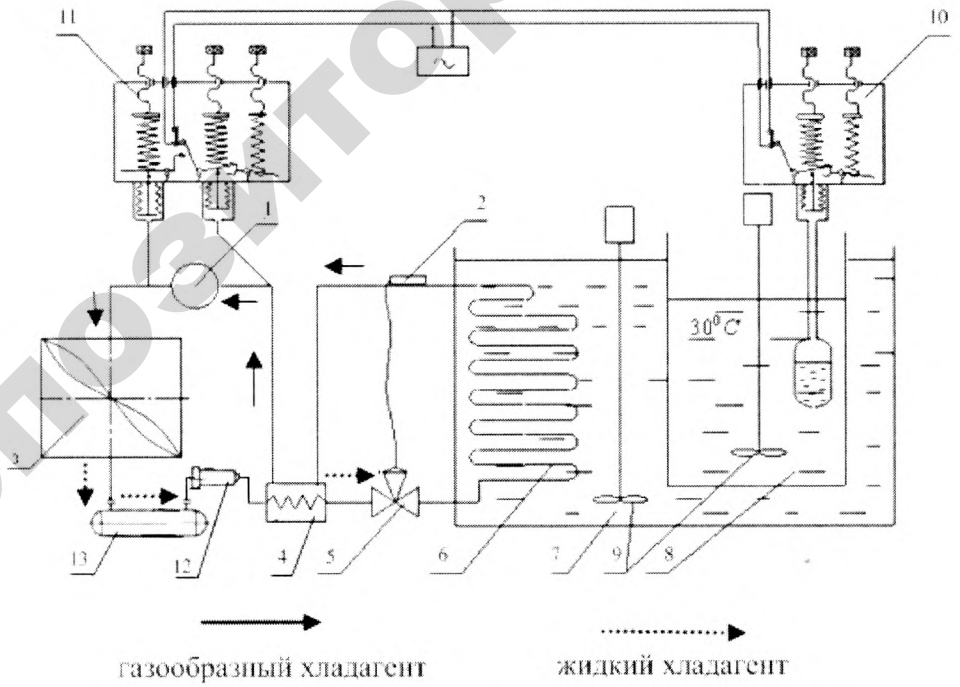


Рисунок 4.29 - Принципиальная схема холодильной установки:
1 – компрессор; 2 – термобаллон; 3 – конденсатор; 4 – теплообменник; 5 – термовентиль; 6 – испаритель; 7 – бак водяной; 8 – бак молочный; 9 – мешалка; 10 – термореле; 11 – реле давления; 12 – фильтр-осушитель; 13 – ресивер

Репозиторий БГАТУ

Жидкий хладагент, обладающий способностью кипеть при низкой температуре, поступает в испаритель 6, где кипит и переходит в парообразное состояние. Тепло, необходимое для кипения хладагента, воспринимается последним от охлаждаемого объекта хладоносителя – воды, орошающей испаритель.

Компрессор 1 отсасывает пары холодильного агента из испарителя 6, сжимает их до давления конденсации и нагнетает в конденсатор 3.

Сжатие паров холодильного агента в компрессоре 1 с давления кипения до давления конденсации сопровождается возрастанием их давления и температуры. Температура конца сжатия паров в компрессоре зависит от разности давлений на входе и выходе из компрессора и достигает 60…80 ^{0}C.

В конденсаторе 3 последовательно происходят три процесса: охлаждение сжатых паров до состояния насыщения, их конденсация и переохлаждение жидкого холодильного агента.

Давление и температура конденсации зависят от температуры охлаждающей среды, величины теплопередающей поверхности конденсатора и интенсивности теплопередачи. Как правило, температура конденсации на 5…20 ^{0}C превышает температуру окружающей среды.

Жидкий холодильный агент из конденсатора 3 через ресивер 13, теплообменник 4 и фильтр-осушитель12 поступает в термо регулирующий вентиль (ТРВ) 5, при прохождении которого, вследствие дросселирования давление хладона резко падает до давления кипения. Хладагент в виде парожидкостной смеси поступает в испаритель 10, где кипит при низких температурах, отбирая тепло от хладоносителя, орошающего испаритель.

Образовавшиеся при кипении пары хладагента отсасываются компрессором и холодильный цикл повторяется. Таким образом, холодильный агент, совершая движение по замкнутому циклу, отнимает тепло от воды в аккумуляторе холода и отдает его воздуху, обдувающему конденсатор.

4.7.3 Основные узлы и агрегаты холодильных установок

Испаритель охлаждает промежуточный теплоноситель (воду), находящийся в аккумуляторе холода в результате теплообмена с кипящим холодильным агентом. Через поверхность испарителя вода отдает свое тепло холодильному агенту, который при этом превращается в пар. Таким образом, в испарителе холодильный агент кипит при низкой температуре, отбирая тепло от охлаждаемой воды.

Компрессор отсасывает пары холодильного агента из испарителя и поддерживает в нем низкое давление, обеспечивающее низкую температуру кипения. Кроме того, компрессор нагнетает пары в конденсатор и сжимает их до такого высокого давления, при котором они превращаются в жидкость при условии охлаждения их окружающей средой с температурой 20…30 ^{0}C.

В холодильных машинах используют компрессоры двух типов:

– поршневые с возвратно-поступательным движением поршней в цилиндрах;

– ротационные, винтовые и спиральные- с вращательным движением рабочих частей

Поршневые компрессоры используются чаще всего в машинах большой мощности и конструируют исключительно по непрямоточной схеме (рис. 4.30), когда всасывающий и нагнетательный клапаны расположены рядом в крышке и поток паров осуществляет поворот на 180°.

Это объясняется тем, что поршень непрямоточных компрессоров по сравнению с прямоточными существенно короче и, легче, что позволяет делать их более компактными и высокооборотными.

Известны следующие, основные, модификации поршневых компрессоров:

– герметичные компрессоры;

– полугерметичные компрессоры;

– открытые компрессоры.

Герметичные компрессоры: используются в холодильных машинах небольшой мощности (1,5…35 кВт). Электродвигатель расположен внутри герметичного корпуса компрессора. Охлаждение электродвигателя производится самими всасываемым хладагентом.

Репозиторий БГАТУ

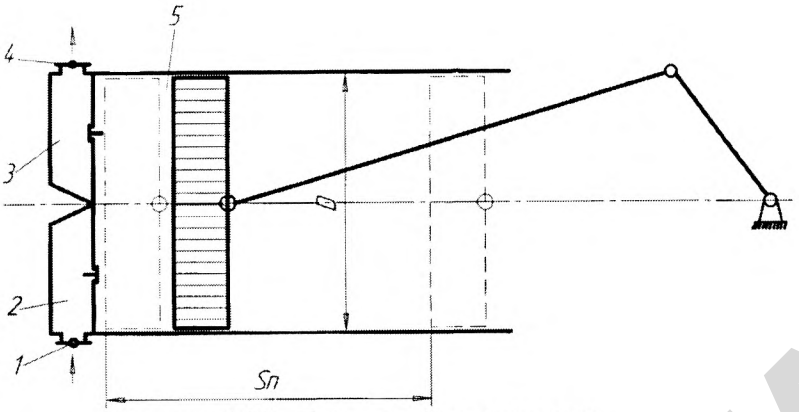


Рисунок 4.30 - Поршневой компрессор:
1 – стандартная точка всасывания; 2 – полость всасывания; 3 – полость нагнетания;
4 – стандартная точка нагнетания; 5 – рабочая полость цилиндра

Полугерметичные компрессоры: используются в холодильных машинах средней мощности (30…300 кВт). В полугерметичных компрессорах электродвигатель и компрессор соединены напрямую и размещены в одном разборном контейнере. Преимущество этого типа компрессоров в том, что при повреждениях можно вынуть двигатель, чтобы ремонтировать клапаны, поршень и др. части компрессора. Охлаждение электродвигателя производится самими всасываемым хладагентом.

Открытые компрессоры: имеют внешний электродвигатель, выведенный за пределы корпуса, и соединенный с компрессором напрямую или через трансмиссию.

Мощность многих холодильных установок может плавно регулироваться с помощью инверторов - специальных устройств, изменяющих скорость вращения компрессора.

В полугерметичных компрессорах возможен и другой способ регулировки мощности - перепуском пара с выхода на вход либо закрытием част всасывающих клапанов.

Основные недостатки поршневых компрессоров:

– пульсации давления паров хладагента на выходе, приводящие к высокому уровню шума;

– большие нагрузки при пуске, требующие большого запаса мощности и приводящие к износу компрессора.

Принцип работы ***ротационных компрессоров вращения*** основан на всасывании и сжатии газа при вращении пластин. Их *преимущество* перед поршневыми компрессорами состоит в низких пульсациях давления и уменьшении тока при запуске. Существует две модификации ротационных компрессоров:

– со стационарными пластинами;

– с вращающимися пластинами.

В компрессоре *со стационарными пластинами* хладагент сжимается при помощи эксцентрика, установленного на ротор двигателя (рис. 4.31). При вращении ротора эксцентрик катится по внутренней поверхности цилиндра компрессора, и находящийся перед ним пар хладагента сжимается, а затем выталкивается через выпускной клапан компрессора. Пластины разделяют области высокого и низкого давления паров хладагента внутри цилиндра компрессора.

В компрессоре с вращающимися пластинами хладагент сжимается при помощи пластин, закрепленных на вращающемся роторе (рис. 4.32). Ось ротора смещена относительно оси цилиндра компрессора. Края пластин плотно прилегают к поверхности цилиндра, разделяя области высокого и низкого давления. На схеме показан цикл всасывания и сжатия пара.

Пар заполняет имеющееся пространство. Начинается сжатие пара внутри компрессора и всасывание новой порции хладагента. Сжатие и всасывание завершается. Начинается новый цикл всасывания и сжатия.

Компрессора, на одном валу которых расположено два ротора, называют двуроторными.

Репозиторий БГАТУ

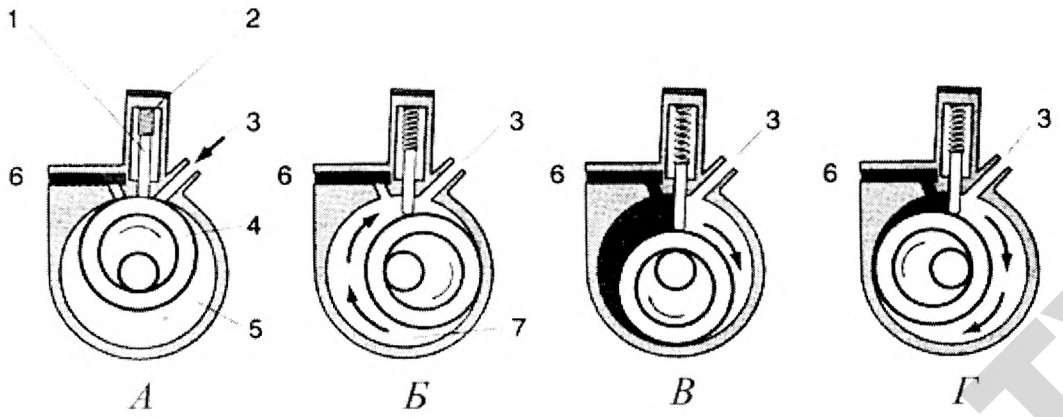


Рисунок 4.31 - Компрессор со стационарными пластинами:
А – пар заполняет имеющееся пространство и начинается сжатие пара внутри компрессора и всасывание новой порции хладагента; *Б* – начинается сжатие пара внутри компрессора и всасывание новой порции хладагента; *В* – сжатие и всасывание продолжается; *Г* – сжатие завершено, пар окончательно заполнил пространство внутри цилиндра компрессора;
1 – пластина; 2 – пружина; 3 – всасывающий канал; 4 – ротор; 5 – приемная камера;
6 – выпускной канал; 7 – камера сжатия

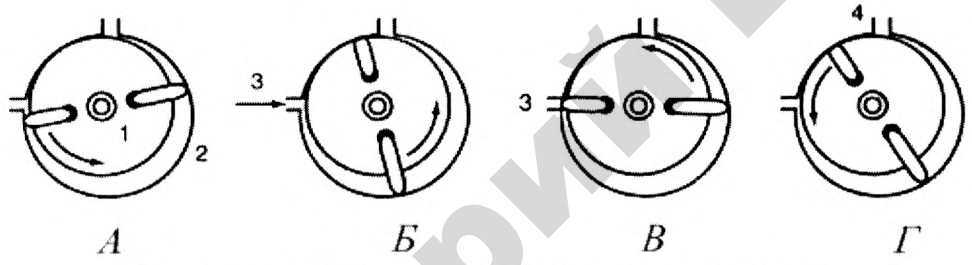
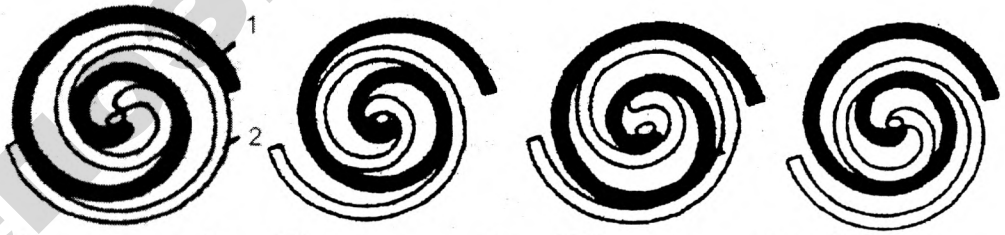


Рисунок 4.32 - Компрессор с вращающимися пластинами:
1 – ротор; 2 – рабочая камера; 3 – впускной канал; 4 – выпускной канал

Спиральные компрессоры применяются в холодильных машинах малой и средней мощности. Такой компрессор состоит из двух стальных спиралей (рис.4.33). Они вставлены одна в другую и расширяются от центра к краю цилиндра компрессора. Внутренняя спираль неподвижно закреплена, а внешняя вращается вокруг нее.



а) φ = 0°; б) φ = 90°; в) φ = 180°; г) φ = 270°;

Рисунок 4.33 - Перемещение подвижной спирали по круговой орбите:
1 – неподвижная спираль; 2 – подвижная спираль

Спирали имеют особый профиль (эвольвента), позволяющий перекатываться без проскальзывания. Подвижная спираль компрессора установлена на эксцентрике и перекатывается по внутренней поверхности другой спирали. При этом точка касания спиралей постепенно перемещается от края к центру. Пары хладагента, находящиеся перед линией касания, сжимаются, и выталкиваются в центральное отверстие в крышке компрессора. Точки касания располо-

Репозиторий БГАТУ

жены на каждом витке внутренней спирали, поэтому пары сжимаются более плавно, меньшими порциями, чем в других типах компрессоров. В результате нагрузка на электродвигатель компрессора снижается, особенно в момент пуска компрессора.

Пары хладагента поступают через входное отверстие в цилиндрической части корпуса, охлаждают двигатель, затем сжимаются между спиралей и выходят через выпускное отверстие в верхней части корпуса компрессора.

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.

Они более надежны в эксплуатации, содержат на 40 % меньше деталей, чем поршневые, производят меньше шума и имеют больший ресурс эксплуатации.

Винтовые компрессоры применяются в холодильных машинах большой мощности (150…3500 кВт). Существуют две модификации этого типа:

- с одинарным винтом;
- с двойным винтом.

Модели *компрессора с одинарным винтом* имеют одну или две шестерни-сателлита, подсоединенные к ротору с боков. Сжатие паров хладагента происходит с помощью вращающихся в разные стороны роторов. Их вращение обеспечивает центральный ротор в виде винта.

Пары хладагента поступают через входное отверстие компрессора, охлаждают двигатель, затем попадают во внешний сектор вращающихся шестеренок роторов, сжимаются и выходят через скользящий клапан в выпускное отверстие.

Винты компрессора должны прилегать герметично, поэтому используется смазывающее масло. Впоследствии масло отделяется от хладагента в специальном сепараторе компрессора.

Модели *компрессора с двойным винтом* отличаются использованием двух роторов – основного и приводного.

Винтовые компрессоры не имеют впускных и выпускных клапанов. Всасывание хладагента постоянно происходит с одной стороны компрессора, а его выпускание - с другой стороны. При таком способе сжатия паров уровень шума гораздо ниже, чем у поршневых компрессоров.

Винтовые компрессоры позволяют плавно регулировать мощность холодильной машины с помощью изменения частоты оборотов двигателя.

Следующим за компрессором основным узлом холодильной установки является *конденсатор.* В конденсатор поступает газообразный хладагент с температурой около 80 °С при давлении 0,8 МПа. При этом давлении температура конденсации хладагента составляет 40…50 °С.

Конденсатор обеспечивает охлаждение сжатых паров холодильного агента окружающим воздухом с целью понижения температуры паров до температуры конденсации (состояния насыщения) и конденсации насыщенных паров в жидкое состояние.

После конденсации всего хладагента, жидкость под действием воздуха, охлаждающего конденсатор с помощью вентилятора, охлаждается.

Ресивер создает запас жидкого холодильного агента, необходимый для обеспечения равномерного питания им испарительной системы (рис. 4.34). Кроме того, ресивер является дополнительной емкостью конденсатора, которая предотвращает переполнение последнего жидким холодильным агентом. Ресивер работающей холодильной машины должен быть заполнен жидким холодильным агентом на 50 % своего объема.

При работе холодильной установки возможны утечки хладагента, что приводит к снижению холодопроизводительности. Благодаря объему ресивера количество хладагента, заправляемого в систему, увеличивается.

Цилиндрический ресивер холодильной машины включает стальной сосуд на котором, для выброса холодильного агента в случае аварийного повышения температуры выше 70 °С, установлена плавкая пробка.

Фильтр-осушитель улавливает различные механические загрязнения (опилки, ржавчину и т.п.) холодильного агента и поглощает влагу, находящуюся в системе. Он устанавливается, как правило, после ресивера. Типичная конструктивная схема фильтров-осушителей для улавливания механических примесей и влаги приведена на рис. 4.35. Сжиженный хладон из ресиве-

Репозиторий БГАТУ

ра поступает в сетчатый фильтр, в котором улавливаются наиболее крупные механические примеси.

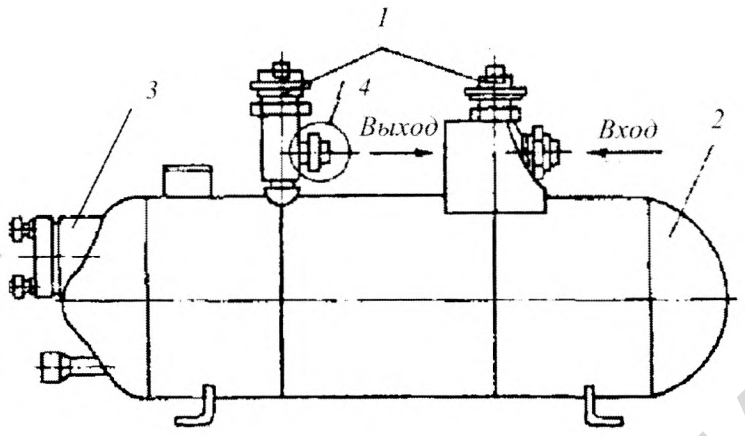


Рисунок 4 34 - Общий вид ресивера:
1 – вентиль; 2 – сосуд; 3, – смотровое стекло; 4 – плавкая пробка

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 с величиной зерен от 3 до 5 мм. Его поглощающая способность составляет от 10 до 40% влаги от массы силикагеля или цеолита.

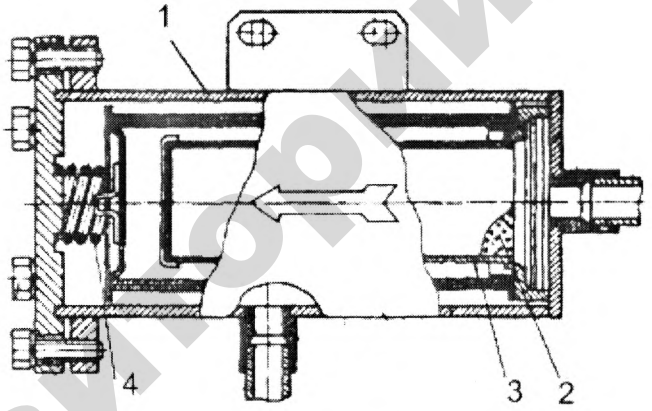


Рисунок 4.35 - Фильтр-осушитель:
1 – корпус; 2 – силикагель; 3 – фильтр сетчатый; 4 – пружина

Для повышения экономичности и предотвращения попадания жидкого хладагента из испарителя в компрессор современные холодильные установки оснащаются ***теплообменником***, позволяющим увеличить холодопроизводительность на12…14 %. Он устанавливается после фильтра осушителя, перед терморегулирующим вентилем в линии высокого давления. Устройство и схема работы теплообменника холодильной машины представлены на рис. 4.36.

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, что 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.

Репозиторий БГАТУ

Кроме того, для компрессоров, работающих на хладонах, выгодно поддерживать более высокую температуру перегрева, так как это уменьшает объемные потери и повышает холодопроизводительность компрессора.

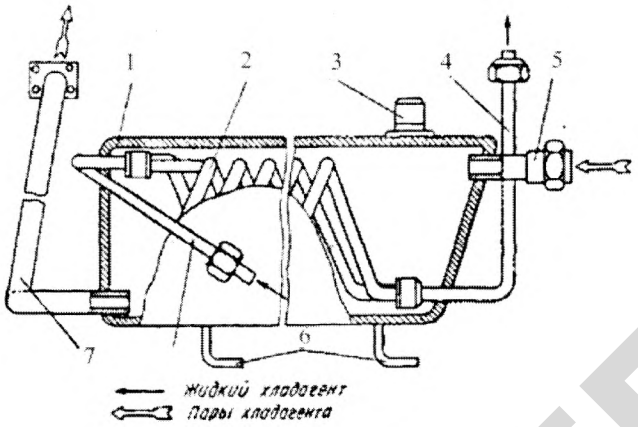


Рисунок 4.36 - Схема теплообменника:
1 – обечайка; 2 – змеевик; 3 – штуцер; 4,7 – трубка; 5, 8 – труба; 6 – лапы

Холодильная установка работает наиболее эффективно, когда вся теплопередающая поверхность испарителя омывается кипящим хладагентом, т.е. кипение его происходит по всей поверхности испарителя. Как увеличение, так и уменьшение количества хладагента, подаваемого в испаритель, снижает холодопроизводительность установки. Для выполнения этого требования предназначен ***терморегулирующий вентиль***, обеспечивающий дросселирование жидкого холодильного агента, поступающего в испаритель, и регулирования его расхода, т.е. подавая в единицу времени столько жидкости, сколько паров успевает за это время отсосать компрессор.

К вентилям с переменным гидравлическим сопротивлением относятся вентили с внутренним или внешним выравниванием.

Терморегулирующие вентили с внутренним выравниванием применяют в основном только в малых холодильных системах при температуре кипения выше -30 °С, где сопротивление движению хладагента в приборе охлаждения невелико. В таких вентилях испаритель, как правило, короткий и давление от испарителя до компрессора почти одинаковое. Схема терморегулирующего вентиля и течение процесса регулирования степени заполнения испарителя хладагентом показаны на рис. 4.37.

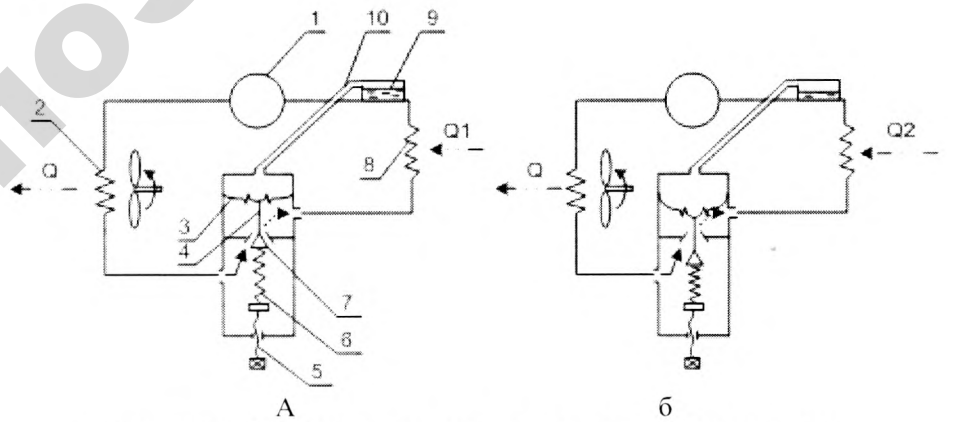


Рисунок 4.37 - Термовентиль с внутренним выравниванием:
а) тепловая нагрузка средняя; б) тепловая нагрузка большая ($Q_1<Q_2$)
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – мембрана; 4 – шток; 5 – винт; 6 – пружина; 7 – клапан; 8 – испаритель; 9 – термобаллон; 10 – капиллярная трубка

Репозиторий БГАТУ

Силовой термочувствительной частью прибора является замкнутая герметическая сис О степени заполнения испарителей хладагентом, в которых движется парожидкостная смесь (сухой тип испарителей), судят по перегреву пара на выходе из испарителя. *Под перегревом* понимают разность между температурой перегретого пара на выходе из испарителя $t_{вых}$ и температурой кипения t_o, соответствующей давлению пара на выходе из испарителя.

Принцип действия ТРВ основан на сравнении температуры кипения хладагента в испарителе с температурой выходящих из него паров и поддержании постоянной разницы этих температур. При увеличении перегрева, что свидетельствует о недозаполнении испарителя, клапан ТРВ автоматически открывается, увеличивая тем самым подачу холодильного агента в испаритель, и, наоборот, при уменьшении перегрева, что является следствием чрезмерного поступления хладагента в испаритель, клапан автоматически прикрывается и тем самым уменьшается поступление хладагента в испаритель.

Система, состоящая из термобаллона, капиллярной трубки, полости над мембраной. Эта герметичная система заполнена тем же хладагентом, на котором работает данная холодильная машина (или другим веществом, близким по своим термодинамическим свойствам к хладагенту).

Термобаллон крепится к трубопроводу на выходе из испарителя. Мембрана посредством толкателей связана с иглодержателем клапана, перекрывающем проходное сечение седла термовентиля.

Жидкий холодильный агент из ресивера поступает в ТРВ под давлением и при проходе через кольцевое сечение между седлом и клапаном резко снижает давление, которое поддерживается в испарителе компрессором. При этом часть жидкого хладагента превращается в пар и по испарителю движется парожидкостная смесь. В какой-то точке жидкость превращается в пар.

На выходе из испарителя, на всасывающем трубопроводе, укреплен термобаллон, воспринимающий температуру $t_{вых}$. При этой температуре баллона в силовой системе ТРВ устанавливается давление, которое воспринимается мембраной. Так, если в случае перегрева паров хладона возникает разница давления в испарителе и давления, поддерживаемого компрессором. Под действием этой разности давлений мембрана прогибается вниз и через толкатели нажимает на иглодержатель, открывая клапан. Открытие клапана происходит до тех пор, пока усилие сжатой пружины уравновесит силу давления на мембрану. При таком положении клапана происходит полное (требуемое) заполнение испарителя хладагентом.

С понижением температуры в охлаждаемой среде теплопритоки к испарителю уменьшаются. Тогда путь движения парообразного хладагента сокращается и перегрев пара уменьшается. Теперь термобаллон воспринимает более низкую температуру и в силовой системе ТРВ устанавливается меньшее давление и под действием пружины клапан перемещается вверх, уменьшая таким образом проходное сечение клапана ТРВ и подачу хладагента в испаритель. При меньшем поступлении хладагента в испаритель кипение его заканчивается раньше и перегрев принимает значение, близкое к первоначальному. Заданное начальное значение перегрева, обеспечивающее требуемое открытие клапана, устанавливается соответствующим сжатием пружины за счет поворота винта.

С повышением тепловой нагрузки повышается давление в термобаллоне, которое передается на мембрану, и через толкатели приоткрывается проходное сечение клапана. Подача жидкости через ТРВ увеличивается и перегрев начинает падать.

В холодильных машинах *большой холодопроизводительности* испарители имеют значительную длину и большие гидравлические сопротивления. В таких испарителях давление хладона на выходе ниже, чем на входе. Поэтому в холодильных машинах, имеющих испарители, в которых падение давления более $0{,}2 \cdot 10^5$ Па, применяют ТРВ с уравнительной трубкой (рис. 4.38).

В корпусе таких ТРВ устанавливается диафрагма 3, благодаря которой под мембрану подается давление не со стороны входа, а со стороны выхода испарителя – по уравнительной трубке 12. Наличие диафрагмы позволяет установить на выходе из ТРВ дополнительный дроссель. Это дает следующие преимущества:

– повышенное давление за клапаном ввиду наличия дополнительного дроссельного сечения разгружает работу клапана и позволяет увеличить его диаметр;

Репозиторий БГАТУ

– подача под мембрану перегретого пара и перенос точки начала кипения хладагента уменьшает охлаждение всего прибора и возможную конденсацию пара над мембраной.

Работа холодильных установок в автоматическом режиме и их защита от аварийных ситуаций обеспечивается приборами автоматики, к которым относятся ***датчик-реле температуры и датчик-реле давления.***

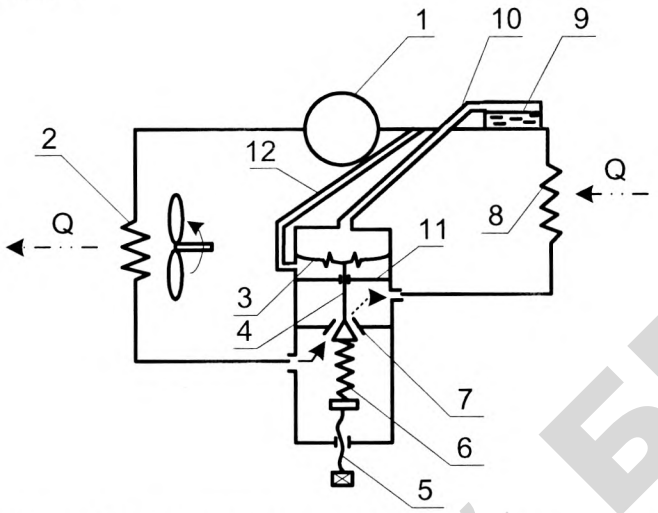


Рисунок 4.38 - Термовентиль с внешним выравниванием:
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – диафрагма; 4 – шток; 5 – винт регулировочный;
6 – пружина; 7 – клапан; 8 – испаритель; 9 – термобаллон; 10 – капиллярная трубка;
11 – перегородка; 12 – трубка уравнительная

Реле температуры в холодильных установках служит для управления процессом наморозки льда на наружной поверхности панелей испарителя, регулирования температуры в холодильной камере хладоносителя на выходе из бака (водосборника).

Принцип действия прибора основан на изменении давления парожидкостной смеси хладона в термосистеме прибора (рис. 4.39) в зависимости от изменения температуры термобаллона.

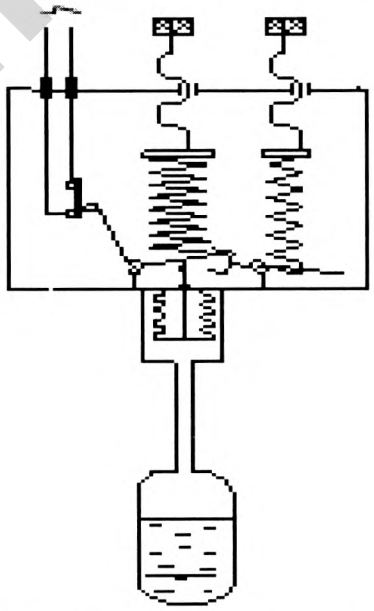


Рисунок 4.39 - Схема реле температуры

Репозиторий БГАТУ

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.

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 усиливает противодействие повороту основного рычага по часовой стрелке, а 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).

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. 4.40).

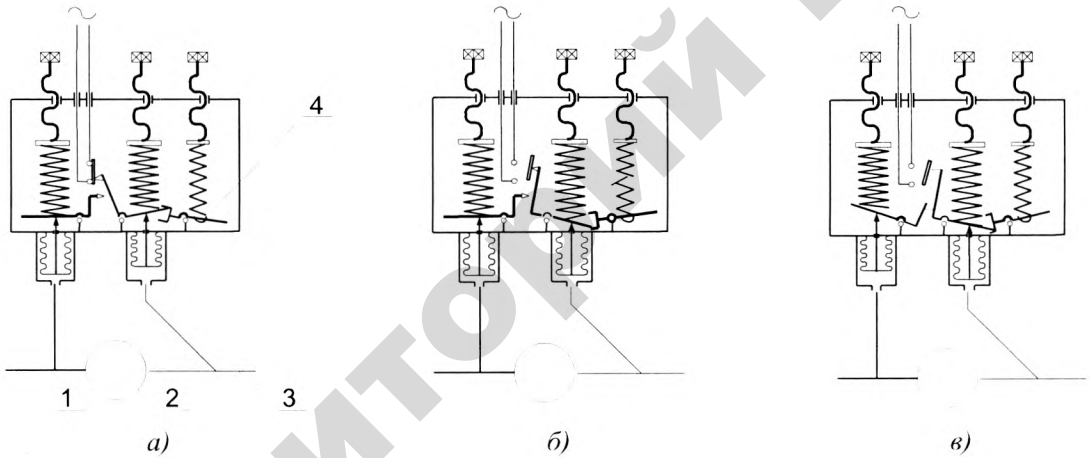


Рисунок 4.40 - Принцип работы реле давления: а) включение; б) в) отключение
1 – трубопровод высокого давления; 2 – компрессор; 3 – трубопровод низкого давления; 4 – реле давления

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 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.

Репозиторий БГАТУ

4.7.4 Проточные водоохлаждающие установки

Для охлаждения молока на животноводческих фермах выпускают проточные водоохлаждающие холодильные машины МВТ14-1-0, МВТ20-1-0, МКТ14-2-0, МКТ20-2-0, МКТ28-2-0, водоохлаждающие установки с частичной аккумуляцией холода УВ10-01 и АВ30, холодильные машины с аккумуляцией холода МХУ-12Т, ТХУ-14 для получения холодной и теплой воды, градирни и другое оборудование.

Проточные водоохлаждающие машины типа МВТ с воздушным охлаждением конденсатора служат для получения холодной воды с температурой 1…2°С, предназначенной для охлаждения молока. Они могут работать в комплекте как с резервуарами-охладителями типа РПО, так и проточными тонкослойными пластинчатыми охладителями. Высокая надежность достигается применением бессальникового компрессора. Полная автоматизация обеспечивает оптимальный режим работы установок. Холодильные машины изготовлены в виде моноблока, что упрощает монтаж.

Холодильные машины МВТ-14 и МВТ-20 одинаковы по конструкции и отличаются друг от друга компрессором и техническими параметрами.

Холодильные машины типа МКТ предназначены для охлаждения промежуточного хладоносителя в системах кондиционирования воздуха, а также в системах охлаждения молока на фермах.

В отличие от холодильных машин типа МВТ эти машины работают на хладоне R22, имеют водяное охлаждение конденсатора, для чего используют проточную или оборотную воду с температурой не выше 26°С.

Широкое распространение на фермах получили *холодильные установкиМХУ-8С* с аккумуляцией холода в воде и с помощью льда, намороженного на панелях испарителя. В них применяют компрессоры небольшой хладопроизводительности, которые работают и в процессе доения и в периоды между дойками. На панелях испарителя намораживается лед слоем 2,0…2,5 см.

Принцип получения холода аналогичен холодильной машине МВТ.

Преимущества такой системы – возможность накапливать лед в период между дойками и относительно небольшая мощность компрессора.

Преимущества проточных машинам перед машинами с аккумуляцией холода являются:

- более низкая температура кипения хладагента в испарителе;
- большее количество хладагента, заправляемого в систему;
- более высокие затраты энергии на единицу охлаждаемого продукта, так как лед намораживаемый на панелях является изолятором.

Проточную водоохлаждающую установку для охлаждения молока на ферме выбирают в соответствии с максимальной производительностью линии первичной обработки молока.

Репозиторий БГАТУ

5 ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА

5.1 Основные положения о пастеризации

С целью уничтожения болезнетворных микроорганизмов, находящихся в молоке и молочных продуктах применяют пастеризацию и стерилизацию. Аппараты, в которых ведут этот процесс, называют пастеризаторами или стерилизаторами. Некоторым продуктам, например мороженному, тепловая обработка придает приятный запах, а сливочному маслу – сладковатый привкус.

Первым применил тепловую обработку, как способ хранения продуктов, французский ученый, основатель микробиологии Луи Пастер. На практике пастеризация молока впервые была применена доктором Сокслетом в Германии в 1886 г. Первоначальное оборудование для пастеризации позволяло нагревать молоко до 71,1°С и выдерживать его при этой температуре 30…60 с. В 1900 году Рассел и Халстин, а несколько позже Розенау установили точки гибели разнообразных микроорганизмов, которые могут находиться в молоке.

Санитарными и ветеринарными правилами для молочно-товарных и племенных ферм установлена обязательная пастеризация молока для коров больных или подозреваемых в заболевании туберкулезом, бруцеллезом. Молоко пастеризуют в этом случае на месте его получения.

С целью уничтожения находящихся в молоке бактерий его подвергают нагреванию до определенной температуры. Ко всем пастеризаторам предъявляются следующие *требования*:

– полное уничтожение микробов всех форм;

– обработка не должна ухудшать свойств молока;

– простота устройства и эксплуатации;

– поверхности, соприкасающиеся с молоком, должны быть стойкими к химическому воздействию молока и моющих жидкостей.

Пастеризаторы молока подразделяются:

– *по источнику энергии* на паровые, электрические с индукционным нагревом, излучательные;

– *по характеру выполнения процесса* – непрерывного и периодического действия;

– *по конструктивному выполнению* – пластинчатые, трубчатые, центробежные с вытеснительным барабаном, емкостные с рубашкой и мешалкой;

– *по числу секций* – одно-, двух-, многосекционные или комбинированные;

– *по направлению жидкости и теплоносителя* – прямоточные и противоточные;

–*по способу обработки* на*термические*, в которых молоко нагревается ниже температуры кипения и *холодные*, в которых уничтожение бактерий осуществляется различными физическими воздействиями – облучением ультрафиолетовыми или инфракрасными лучами, радиацией, обработкой ультразвуком и т.п.

Наибольшее распространение при обработке молока получили ***термические пастеризаторы,*** которые *по режиму работы* они подразделяются на три типа:

– аппараты длительной пастеризации молока, в которых нагрев осуществляется до 63…65 °С с выдержкой при этой температуре в течение 30 минут;

– аппараты кратковременной пастеризации, в которых нагревание молока производится в тонком слое до температуры 76 ± 2 °С с выдержкой в течение 20 секунд;

– аппараты мгновенной пастеризации, в которых молоко в течение нескольких секунд нагревается до температуры 85…87 °С без его дальнейшей выдержки.

Существует несколько способов обработки жидкостей для уничтожения патогенных организмов. По способу использования энергии их можно разделить на паровые, электрические, с ультрафиолетовым, инфракрасным или радиоактивным облучением, с воздействием токов высокой частоты и высоких кратковременных давлений; по способу тепловой обработки – на термические и холодные; по характеру выполнения процесса – аппараты непрерывного и периодического действия.

Ультрафиолетовые облучатели состоят из нержавеющих труб, в которые вставлены с кольцевым зазором цилиндрические кварцевые лампы. Обеззараживание молока происходит во время движения тонким слоем в кольцевом зазоре под воздействием ультрафиолетовых лучей, испускаемых лампой.

Репозиторий ВГАТУ

Наибольшее распространение для тепловой обработки молока нашли три режима пастеризации: 1) длительный - нагрев молока до 63°С с последующей выдержкой при этой температуре в течение 30 мин; 2) кратковременный – нагрев молока до 72°С с выдержкой в течение 20…30 с; 3) мгновенный – нагрев молока до 85…90°С без выдержки 2 секунды и менее. Пастеризация полностью сохраняет все качества цельного молока. Нагреве выше 90°С приводит к потере части белка. Зависимость между температурой и длительностью нагрева показана на рис. 5.1, из которой видно, что наибольший эффект пастеризации соблюдается в пределах нейтральной зоны.

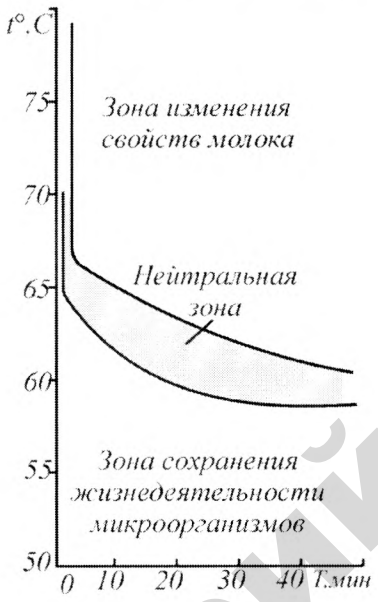


Рисунок 5.1 - Диаграмма пастеризационного процесса

5.2 Оборудование для пастеризации молока

5.2.1 Ванны длительной пастеризации

Одним из простых видов аппаратов тепловой обработки молока, сливок и других жидких молочных продуктов являются ванны длительной пастеризации.

Ванны длительной пастеризации типа ВДП (рис. 5.2) выпускаются емкостью 300, 600 и 1000 л, конструктивно аналогичны, но различаются по объему.

Они представляют собой цилиндрический резервуар из нержавеющей стали, окруженный пароводяной рубашкой с теплоизоляцией. При пастеризации в водяную рубашку подают пар, а при охлаждении – холодную воду. Для перемешивания молока в баке установлена мешалка.

Основные технические характеристика ванн длительной пастеризации представлены в табл. 5.1.

Ванна пастеризационная универсальная марки ВПУ 500 (рис.5.3) предназначена для тепловой обработки молока и других жидких молочных и пищевых продуктов.

Ванна выполнена из коррозионно-стойких сталей и состоит из рабочей емкости 3, электромеханической мешалки 1, термоизоляции 4, термометра 2, трубы слива конденсата 8, а также кранов слива продуктов 5, подвода пара 6, подвода воды 7.

Для нагрева молока используется пар от стороннего источника, для охлаждения продукта – проточная вода.

Технические данные ванны ВПУ-300: вместимость – 500 л; максимальная температура нагрева молока - 95°С; расход пара при давлении не более 50 кПа – 80 кг/ч; частота вращения мешалки – 0,25 $с^{-1}$; мощность электродвигателя мешалки – 0,25 кВт.

Ванна длительной пастеризации молока В1-ВД2-П (рис.5.4) предназначена для пастеризации и охлаждения молока. Применяется на предприятиях молочной промышленности.

Репозиторий БГАТУ

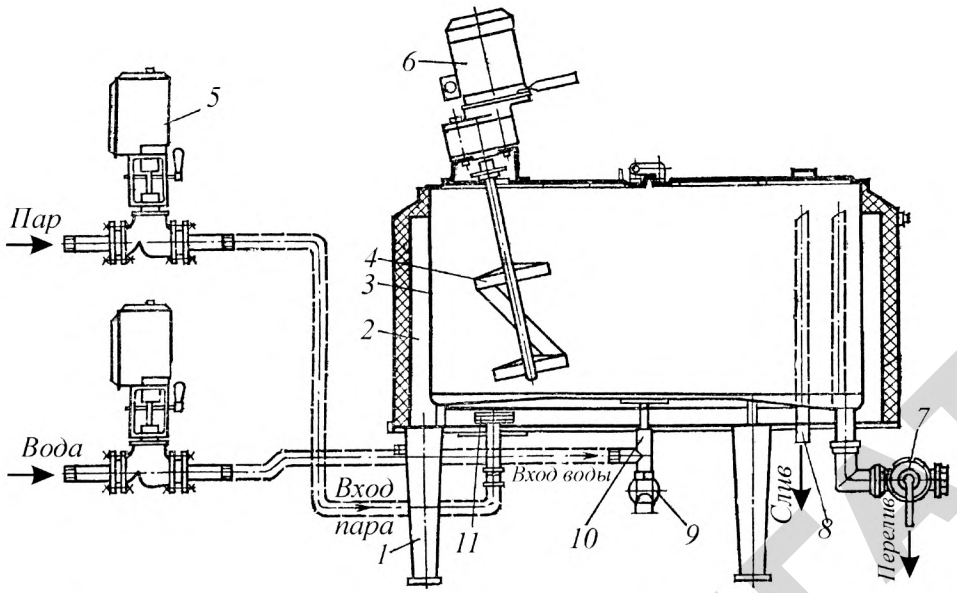


Рисунок 5.2 - Ванна длительной пастеризации типа ВДП:1-опора; 2-корпус; 3-ванна; 4-мешалка; 5-электромагнитный клапан; 6-привод мешалки; 7-кран; 8-переливная труба; 9-вентиль для слива воды; 10-трубка; 11-пароораспределительная головка

Таблица 5.1 - Основные технические характеристики ванн длительной пастеризации типа ВДП

Показатель	Вместимость ванны, дм^3		
	300	600	1000
Температура пастеризации молока, °С	63…95		
Давление пара, кПа	10…30		
Частота вращения мешалки, с$^{-1}$	2,7…3,0		
Диаметр, мм:			
сливной трубы	32		
трубопроводов подачи воды	25		
трубопроводов подачи пара	25		
Расход пара для нагревания, кг/ч	40	80	100
Теплообменная поверхность, м^2	2,0	3,5	5,1
Вместимость водяной рубашки, дм^2	100	120	107
Установленная мощность электродвигателя мешалки, кВт	0,6	0,75	0,75
Габаритные размеры, мм	1290х925х х1370	1880х1410х х1660	1880х1410х х2015
Масса, кг	165	535	625

Техническая характеристика ванны длительной пастеризации В1-ВД2-П следующие: вместимость – номинальная – 0,35 м^3, полная – 0,41 м^3; частота вращения мешалки – 3 с$^{-1}$; установленная мощность – 0,75 кВт; давление пара и воды в трубопроводе – 0,04…0,07 МПа; температура хладагента – 2…3 °С, пастеризации - 95°С; расход пара на один цикл пастеризации – 225 кг; расход ледяной воды – 1,1 м^3/ч; время нагрева – 65 мин; время охлаждения до 10°С – 180 мин; габаритные размеры 1300х1030х1900 мм; масса 187 кг.

Ванны пастеризационные Г6-ОПА-600, Г6-ОПБ-1000 предназначены для пастеризации молока, приготовления кисломолочных продуктов и производственных заквасок. Основные технические характеристики пастеризационных ванн марки представлены в табл. 5.2.

Ванна пастеризации и охлаждения Л5-ОВА-0,63 предназначена для пастеризации и охлаждения молока. Может быть использована для хранения охлажденного молока.

Репозиторий БГАТУ

Применяется в при фермерских сыродельных цехах и на предприятиях малой мощности для производства сыра гарантированного качества.

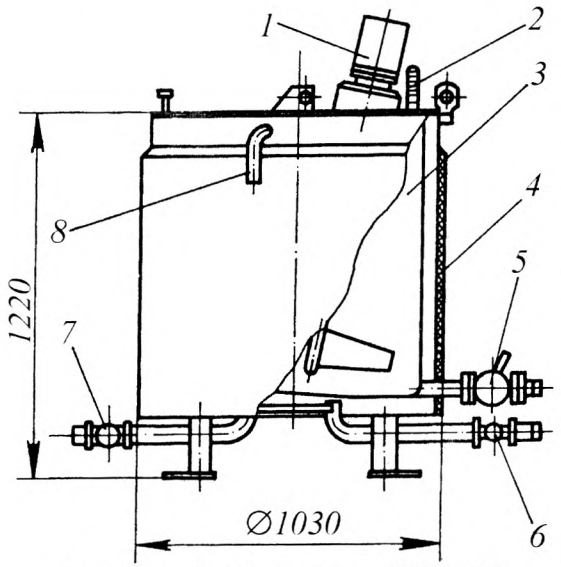


Рисунок 5.3 - Ванна марки ВПУ-500

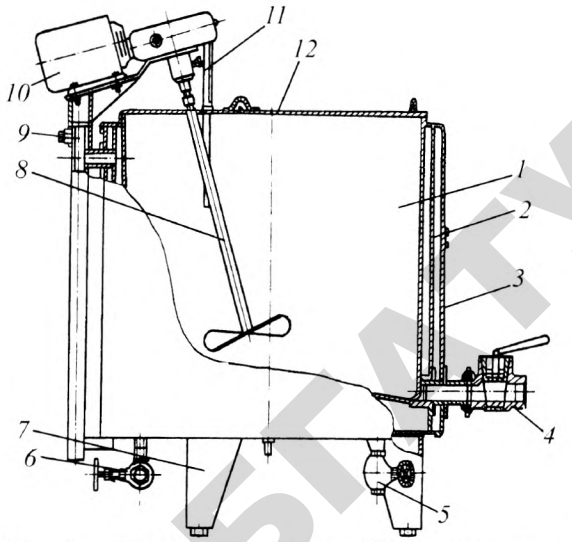


Рисунок 5.4 -Ванна длительной пастеризации молока В1-ВД2-П:
1-внутренний корпус; 2-двустенный наружный корпус; 3-обшивка ванны; 4-молочный кран; 5-вентиль; 6-коллектор парового устройства; 7-опора; 8-мешалка; 9-переливная труба; 10-привод мешалки; 11-термометр; 12-крышка

Таблица 5.2 - Техническая характеристика ванн пастеризационных

Показатель	Марка	
	Г6-ОПА-600	Г6-ОПБ-1000
Вместимость рабочая, $м^3$	600	1000
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч	0,6	1
Избыточное давление пара в трубопроводе, МПа	0,55	
Температура хладагента, °С	0,1	
Время автоматического поддержания температуры пастеризации 95°С, с	2…3	
	5400	
Расход:		
пара (по конденсату) для нагревания продукта, кг/ч	80	100
воды для охлаждения продукта, $м^3$/ч	3	5
Условный проход трубопровода для подачи пара или ледяной воды, мм	25	
Габаритные размеры, мм:		
ванны	1880х1420х х1660	1880х1410х х2015
шкафа управления	540х460х х535	540х460х х625
Масса, кг:		
общая	535	625
шкафа управления	55	

Состоит из следующих основных сборочных единиц: резервуара, крышки, корпуса наружного, мешалки с приводом, механизма подъема крышки, моющей головки, датчика верхнего уровня продукта, датчика количества продукта, двух датчиков измерения температуры, трех опор, нагревательно-охладительной системы, электрооборудования.

Репозиторий БГАТУ

При работе ванны выполняются следующие технологические операции: наполнение резервуара молоком через впускной патрубок, контроль верхнего уровня, подача горячей воды для нагрева и пастеризации молока, контроль температуры нагрева молока и времени его пастеризации, подача холодной воды для охлаждения молока, перемешивание молока, слив молока через сливной патрубок.

Нагрев и охлаждение резервуара с продуктом осуществляется методом орошения.

Подача горячей воды (95±5°С) воды для пастеризации продукта обеспечивается насосом через водонагреватель, подача ледяной воды для охлаждения продукта – насосом охладителя.

Система управления обеспечивает: контроль за уровнем молока в резервуаре и поддержание температуры молока в заданных режимах; автоматическое включение привода мешалки с начала режима пастеризации и охлаждения и выключение привода мешалки при открывании крышки ванны; звуковую сигнализацию при заполнении резервуара до верхнего уровня, окончании режимов пастеризации и охлаждения.

Санитарная обработка внутреннего резервуара выполняется централизованно через моечную головку, установленную в крышке.

Управление работой ванны Л5-ОВА-0,63 осуществляется с пульта управления.

Техническая характеристика ванны Л5-ОВА-0,63: вместимость - 0,63 м^3; установленная мощность – 0,5 кВт; занимаемая площадь без пульта управления - 2,4 м^2; масса 470 кг.

Расход пара на тепловую обработку молока в ваннах длительной пастеризации в 4,5…5 раз больше, чем в современных пластинчатых установках, и объясняется тем, что тепло, затраченное на предварительное нагревание воды в рубашке ванны, используется нерационально. Кроме того, в ваннах длительной пастеризации неприменима рекуперация тепла, которая широко используется в пластинчатых аппаратах.

5.2.2 Установки для кратковременной и мгновенной пастеризации

Для кратковременной пастеризации наибольшее распространение получили пастеризаторы с вытеснительным барабаном двустороннего обогрева, пластинчатые пастеризаторы, а также пастеризационно-охладительные установки.

Барабанный пастеризатор с двусторонним обогревом ОПД-1М состоит из ванны, барабана, паровой рубашки с предохранительными клапанами, приемной камеры с поплавковыми регуляторами и привода.

В паровом пастеризаторе с двусторонним обогревом пар низкого давления, подаваемый в пространство паровой рубашки и в полость вытеснительного барабана, отдает тепло молоку, проходящему из заливной воронки через зазор между рабочими поверхностями пастеризатора. Поднимаясь в зазоре, нагретое молоко попадает под действие лопастей крышек барабана и по выводной трубе нагнетается для дальнейшей обработки.

Собственный напор пастеризатора обеспечивает подачу молока на высоту до4 м, частота вращения барабана 6 с$^{-1}$.

Перед пуском пастеризатора необходимо убедиться в подвижности предохранительного клапана, надежности крепления барабана. В соединениях труб не должно быть пропуска пара. На заданную производительность пастеризатор подбирают по величине рабочей поверхности теплообмена

Мгновенная пастеризация молока осуществляется на аппаратах, в которых молоко в течение нескольких секунд нагревается до температуры 85…87 °С без его дальнейшей выдержки.

К таким относятся аппараты с вытеснительным барабаном. Молоко в них проходит в зазоре между стенками вытеснительного барабана и неподвижного резервуара, имеющего параболоидную форму. Внутрь барабана и снаружи резервуара пускается пар. Барабан приводится во вращение от электродвигателя.

В паровом пастеризаторе с двусторонним обогревом (рис.5.5) пар низкого давления подается в пространство паровой рубашки и в полость вытеснительного барабана. Он отдает свое тепло молоку, проходящему из заливной воронки через зазор между рабочими поверхностями пастеризатора. Нагретое молоко, поднимаясь в зазоре, попадает под действие лопастей крышки барабана и по выводной трубе нагнетается ими для дальнейшей обработки.

Репозиторий БГАТУ

Паровая рубашка имеет два патрубка. Верхний служит для подсоединения предохранительного клапана, нижний – для подвода пара. Дно паровой рубашки снабжено патрубком отвода конденсата. На входном патрубке ванны находится приемная воронка с поплавковым устройством, обеспечивающим равномерное поступление молока в пастеризатор.

Производительность пастеризатора регулируют сменными вставками в воронке. При вращении барабана создастся напор, и конденсат отводится по трубке в конденсатороотвод.

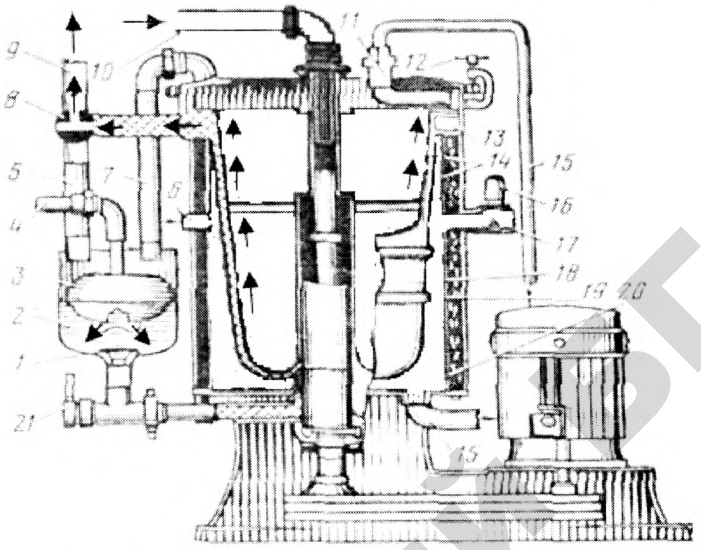


Рисунок 5.5 - Схема парового пастеризатора:
1 – сменная вставка; 2 – воронка молокоприемника; 3 – поплавковый регулятор напора; 4 – труба подвода молока; 5 – сливная труба; 6 – патрубок подвода пара; 7 – переливная труба; 8 – кран; 9 – труба отвода молока; 10 – патрубок подвода пара в барабан; 11 – верхний сборник конденсата; 12 – винт; 13 – лопатка; 14 – паровая рубашка; 15 – трубы слива конденсата; 16 – паровой клапан; 17 – воздушный клапан; 18 –ванна; 19 – капельные кольца; 20 – нижний сборник конденсата; 21 – сливной кран

В пастеризаторах с вытеснителем основным процессом является нагревание, в результате которого достигается пастеризационный эффект. Однако эти аппараты работают и как насосы.

Пастеризуемая жидкость, побуждаемая вращающимся вытеснителем, приобретает постоянную угловую скорость и образует параболоид вращения. Глубину его определяют по формуле

$$h = \frac{v_{выт}^2}{2g} = \frac{4\pi R_{мак}^2 n_{выт}^2}{2g}, \quad (5.1)$$

где $n_{выт}$ – число оборотов вытеснителя, мин$^{-1}$; $v_{выт}$ – окружная скорость вращения вытеснителя, м/с; $R_{мак}$– максимальный радиус лопастей вытеснителя в расширенной части, м.

Зная n и Rможно вычислить высоту подъёма жидкости:

$$h_{ж} = \frac{\omega_{ж}^2 h_0^2}{2g} = (R_{мак}^2 - r_0^2), \quad (5.2)$$

где r_0 – радиус полости, образующийся под крышкой, м. Минимальное значение r_0равно расстоянию от центра крышки до патрубка переливной трубы, по которой избыток пастеризуемой жидкости возвращается в приемную воронку; h_0 – суммарное значение фактической высоты подъёма и сопротивлений в трубопроводе, м; $\omega_{ж}$ – угловая скорость вращения жидкости, с$^{-1}$.

Репозиторий ВГАТУ

Вращающаяся жидкость оказывает значительное давление на крышку и стенки пастеризатора. Силу, приложенную к крышке пастеризатора со стороны жидкости, определяют по формуле

$$P_к = \frac{\pi g h_0^2 \gamma}{\omega_{ж}^2} \quad (5.3)$$

Давление достигает значительных величин, поэтому крепление и уплотнение между крышкой и корпусом пастеризатора должны быть надёжными.

Давление на стенки резервуара рассчитывают по формуле

$$p = \frac{\omega_{ж}^2 \gamma}{2g}(R_{мак}^2 - r_0^2) \quad (5.4)$$

Толщину стенки определяют по уравнению:

$$\delta = \frac{pr}{\sigma} \quad (5.5)$$

В аппаратах с вращающимся вытеснителем пастеризационный эффект достигается в период нагревания жидкости до температуры пастеризации в зазоре между резервуаром и вытеснителем и во время выдержки её в расширенной части пастеризатора. В связи с этим необходимо соблюдать следующие два условия:

1. При заданном температурном режиме поверхность нагрева пастеризатора должна соответствовать требуемой производительности, т.е.

$$k_{ст} F_{выт} \Delta t_{ср} = Q_{ап} C_c (t_{к.м} - t_{н.м}) \quad (5.6)$$

где $k_{ст}$ – коэффициент теплоотдачи от пара к стенке. При нагреве молока от 5 до40 ^{0}С принимают равным $k_{ст}$ =1800…2000 ккал/м^2 ч град, а при нагреве от 5 до 85 ^{0}С $k_{ст}$ = 2300…2500 ккал/м^2 ч град.; $F_{выт}$ – поверхность вытеснителя, м^2. Определяют по геометрическим формулам на основании данных обмеров; $\Delta t_{ср}$– средняя температура нагрева. Принимают, исходя из условий, что температура пара постоянная, а температура жидкости возрастает от t_1доt_2.

2. Продолжительность выдерживания должна удовлетворять равенству:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \quad (5.7)$$

где τ_1 – продолжительность нагревания молока в зазоре между резервуаром и вытеснителем пастеризатора, ч; τ_2 – продолжительность нахождения продукта в расширенной части пастеризатора, ч.

В свою очередь:

$$\tau_1 = \frac{3600 V_1 \gamma}{Q_n} \quad (5.8)$$

$$\tau_2 = \frac{3600 V_2 \gamma}{Q_n} \quad (5.9)$$

где V_1 – объём жидкости, находящийся в зазоре, м^3; Q_n– производительность пастеризатора, кг/ч; V_2 – объём жидкости, находящийся в расширенной части пастеризатора, м^3,

$$V_2 = \pi(R_{мак}^2 - r_0^2) H_p \quad (5.10)$$

где H_p – высота расширенной части, м.

Производительность пастеризатора:

Репозиторий БГАТУ

$$Q_n = \frac{k_{ст} F_{выт} \Delta t_{ср}}{C_м (t_{к.м} - t_{н.м})}. \quad (5.11)$$

Расход пара на пастеризацию определяют по уравнению теплового баланса:

$$Q_{пара}(C_п - C_к t_{конд})\eta = Q_{расч} C_м (t_{к.м} - t_{н.м}), \quad (5.12)$$

где $Q_{пара}$ – количество пара, кг; $C_п$ – теплосодержание пара, ккал/кг; $C_к$– теплоёмкость конденсата, ккал/кг град; $t_{конд}$ –температура конденсата, град (температура конденсата на 4…6^0 ниже температуры греющего пара); $t_{к.м}, t_{н.м}$ – конечная и начальная температуры молока, град; $Q_{расч}$ – количество молока подлежащего тепловой обработке, кг; $C_м$ – теплоёмкость молока, ккал/кг град; η – тепловой коэффициент полезного действия аппарата (η принимают равным 0,8…0,95).

В пастеризаторах мгновенного действия с вытеснительным барабаном молоко под действием составляющей центробежной силы поднимается снизу вверх по параболоидной поверхности барабана. В верхней части барабана имеются лопасти, под действием которых молоко нагнетается в трубопровод.

Напор, развиваемый лопастями можно определить по формуле

$$H_л = \frac{v_{бар}^2}{2g}, \quad (5.13)$$

где $v_{ääð}$ – окружная скорость лопастей барабана, м/с.

Развиваемый напор может расходоваться на преодоление гидравлических сопротивлений молокопровода и геодезический подъем молока. Если учесть, что $v = 2\pi r n_б$, где r – радиус лопастей барабана, потребную частоту вращения барабана для преодоления гидравлического сопротивления, равного $H_л$, можно определить по формуле

$$n_б = \sqrt{\frac{2gH_л}{4\pi^2 r^2}} = \frac{1}{2\pi r}\sqrt{2gH_л}. \quad (5.14)$$

Суммарная мощность на привод пастеризатора определится:

$$N = N_{бар} + N_{сопр}, \quad (5.15)$$

где $N_{сопр}$ – мощность на преодоление гидравлического сопротивления, равная $N_{сопр} = g\, Q_м\, H$, кВт; $N_{бар}$ – мощность на привод барабана, $N_{бар} = P_{окр}\, v_{бар}$, кВт; $P_{окр}$ – окружное усилие на привод барабана, при установившемся движении предопределяется силами трения в подшипниках, Н.

Обычно мощность на преодоление сил трения в подшипниках учитывается коэффициентом полезного действия:

$$N_{бар} = \frac{g\, H_л\, Q_м}{\eta_м}. \quad (5.16)$$

где $\eta_м$ – механический к.п.д.

Более совершенными для кратковременной пастеризации являются пластинчатые пастеризационно-охладительные установки типов ОПФ и ОПУ. Они состоят из нескольких секций, собранных на одной станине. Изменяя число пластин в секциях можно получить различную производительность установок.

К их преимуществам можно отнести: при сравнительно небольших размерах высокая производительность, поточность процесса пастеризации и охлаждения, высокий к.п.д., простота и надежность в эксплуатации.

*Пастеризационно-охладительные установки ОПФ-1-20 и ОПФ-1-300*используют для центробежной очистки, тонкослойной пастеризации, выдержки и охлаждения молока в закрытом потоке.

Схема ОПФ-1 показана на рис.5.6.

Рабочий процесс протекает следующим образом. Молоко из танка самотеком или под давлением направляется в уравнительный бак 4, уровень молока в котором поддерживается по-

Репозиторий БГАТУ

плавковым клапаном и должен быть не менее 300 мм во избежание подсоса воздуха в молочный насос. Далее молоко насосом 3 подается в секцию III регенерации пастеризатора 1, где нагревается за счет теплообмена с горячим молоком, идущим от секции пастеризации до температуры 37...40°С и поступает в молокоочиститель 2 для очистки от механических примесей, а оттуда идет на дальнейший прогрев во вторую секцию регенерации II и пастеризации I, где за счет теплообмена с горячей водой нагревается до температуры 92°С. Из секции пастеризации молоко через электрогидравлический перепускной клапан 16, которым управляет электронный мост 10, направляется в выдерживатель 5, а при температуре молока ниже 90° С сбрасывается обратно в уравнительный бак 4, на повторный подогрев. В выдерживателе 5 молоко находится в течении 300 с и далее пастеризованное молоко проходит II и III секции регенерации, для отдачи тепла встречному потоку молока, поступающему в аппарат, и его температура снижается до 20...25° С. Далее это молоко прохода последовательно секции IV и V охлаждения артезианской водой и ледяной водой от холодной установки. Холодное молоко поступает для хранения в танки. Выдерживатель в установке предназначен для усиления пастеризационного эффекта.

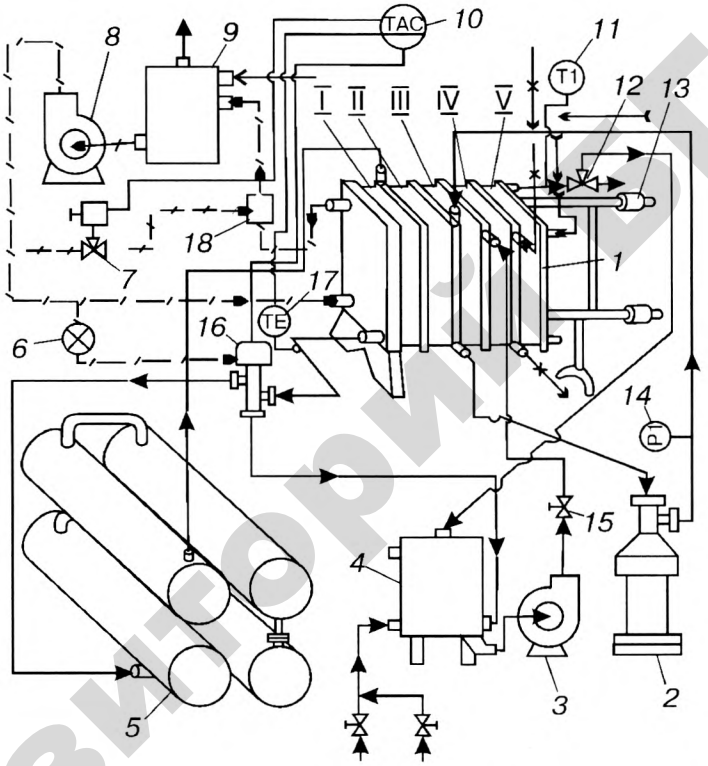


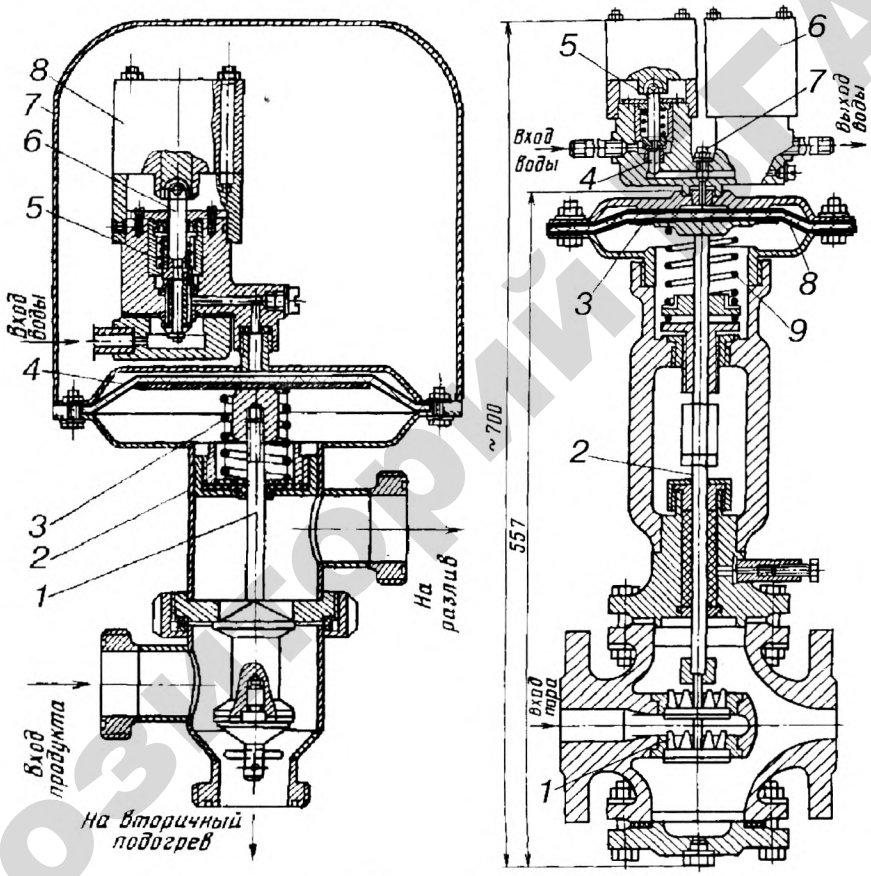
Рисунок 5.6 - Схема пастеризационно-охладительной установки ОПФ-1:
→ - молоко; ⇢ - горячая вода; ⇸ - холодная вода; ⇢ - ледяная вода;
1-тепловые секции; 2-очиститель молока; 3, 8-насос; 4-уравнитель-ный бак; 5-выдерживатель; 6-световой датчик; 7, 15-кран; 9- бойлер; 10-электронный мост; 11-термометр; 12-трехходовой кран; 13-нажимное устройство; 14-манометр; 16-элетрогидравлический перепускной клапан; 17-термометр сопротивления; 18-инжектор

Молоко в секции пастеризации I подогревается горячей водой, подаваемой в аппарат насосом 8 из бойлера 9. Вода нагревается паром, поступающим через инжектор 18 из паропровода котельной установки, клапан 7 на паропроводе обеспечивает автоматическую регулировку поступления пара в зависимости от температуры пастеризованного молока. При понижении температуры молока, выходящего из пастеризационной секции, электрогидравлический перепускной клапан 16 автоматически направляет молоко в уравнительный бак 4 для повторной пастеризации. Первичный сигнал об изменении температуры пастеризованного молока поступает от термометра сопротивления 17 в электронный мост 10.

Репозиторий БГАТУ

Для измерения температуры охлажденного молока служит манометрический термометр 11. Давление в молокопроводе от очистителя молока 2 до II секции пастеризатора контролируется по показывающему манометру 14. Степень сжатия тепловых секций в пастеризаторе 1 осуществляется нажимными устройствами 13 и определяется по табличке со шкалой, установленной на нижней и верхней распорках.

Перепускной электрогидравлический клапан (рис.5.7, а) имеет корпус 2 из нержавеющей стали и состоит из собственно клапана и электрогидравлического реле, закрытого кожухом 7, электромагнит 8 реле соединен с мостом, контролирующим температуру пастеризованного молока. Если молоко выходит из пастеризатора, имея температуру ниже заданной, то цепь катушки реле замкнута и шток 6 находится в верхнем положении. При этом клапан входа воды в гидрореле закрыт, мембрана 4 реле с ее клапанным устройством находится в верхнем положении и клапан перекрывает верхнее окно, оставляя молоку путь обратно в уравнительную камеру.



а) б)

Рисунок 5.7 - Схемы электрогидравлических клапанов:
а) перепускного; б) регулирующего

По достижении температуры пастеризации контакты моста размыкаются, обесточивая катушки электромагнита 8. Под действием пружины 5 шток 6 опускается и открывает доступ воде в гидрокамеру клапана. Вода под напором, создаваемым насосом, преодолевает сопротивление пружины 3 и опускает мембранно-клапанный механизм 1 в нижнее положение. При этом перекрывается путь молоку в уравнительную камеру клапана и открывается выход для подачи молока в молочные танки. При понижении температуры молока в пастеризационной секции контакты моста МСР1-01 замыкаются, шток 6 втягивается электромагнитом 8 реле, одновременно закрывая напорный канал воды и открывая отверстие для выхода воды из гидрокамеры. Пружина 3, освобожденная от напора воды, поднимает шток 1 мембранно-клапанного механизма, вытесняя остаток воды из гидрокамеры через окно слива, а клапан переходит в верхнее положение, открывая путь молоку на повторную пастеризацию.

Репозиторий БГАТУ

Клапан (рис.5.7, б) автоматической регулировки подачи пара действует от электронного регулятора ЭР-СС-63, термометр сопротивления, которого находится на пути пастеризованного молока. Сигнал термометра, усиленный прибором, поступает на электромагнит реле. Шток 5 поднимает клапан, а вода через седло 4 проходит в гидрокамеру опуская мембранно-клапанный механизм со штоком 2, золотник 1 которого увеличивает проходное сечение для пара. При повышении температуры пастеризации регулирующий прибор включает реле электромагнита 6, с открытием клапана которого вода из камеры гидрореле получает выход и выталкивается под действием пружины 9 на грибок 3 и мембрану 8. Золотник 1 постепенно перекрывает канал впуска пара через инжектор в систему циркуляции горячей воды. Перекрытие происходит до установления температуры пастеризации.

Регулятор и электромагнитное реле работают в пульсирующем режиме, что обеспечивает подачу воды в гидрореле малыми дозами, создает условия для плавной регулировки - перемещения золотника. Регулировочный винт 7 служит для изменения периода перемещения штока клапана регулировки подачи пара.

Выдержка в течение 20 секунд в выдерживателе установки ОПФ-1-20 и 300 с в выдерживателе ОПФ-1-300 перед охлаждением способствуют уничтожению микрофлоры молока. При этом температура молока в выдерживателе нагревается до температуры 76°С в установке ОПФ-1-20 и до 90°С в установке ОПФ-1-300.

Система может работать в ручном и автоматическом режимах.

Обслуживание установки заключается в промывке в течение 15-20 мин в циркуляционном режиме раствором каустической соды. Промывка с разборкой пастеризатора производится 2 раза в месяц.

Электропастеризатор М3-ОСП-75 (рис. 5.8) предназначен для пастеризации и охлаждения молока.

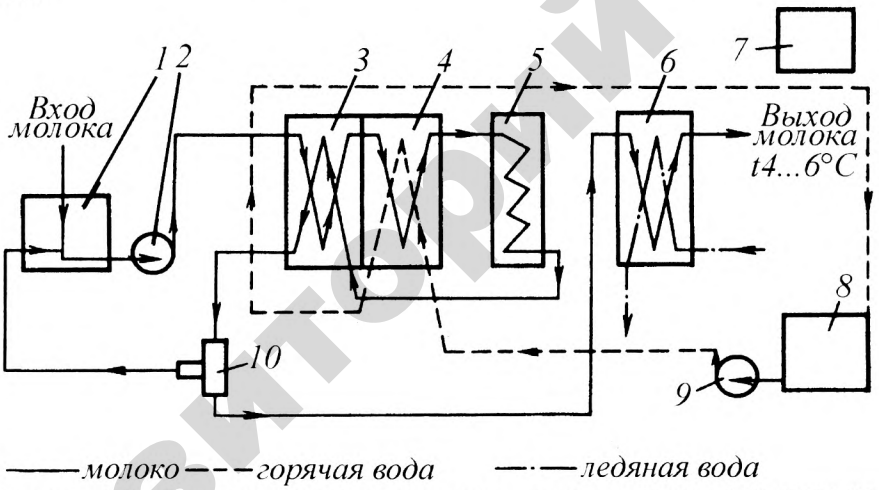


Рисунок 5.8 - Технологическая схема электропастеризатора М3-ОСП-75:
1-бак приемный; 2-насос для молока; 3-секция регенерации; 4-секция пастеризации; 5-выдерживатель; 6-секция охлаждения; 7-щит управления; 8-бак горячей воды; 9-насос для воды; 10-клапан возврата молока

Электропастеризатор конструктивно выполнен на одной раме и не требует больших площадей. Система автоматического контроля и регулирования технологического процесса – электрическая.

Техническая характеристика электропастеризатор М3-ОСП-75: производительность – 1000 л/ч; температура молока, поступающего в аппарат - 4…6°С, пастеризации - 71…73°С, выходящего из аппарата в секцию охлаждения – 31…33°; время выдержки при температуре пастеризации – 25…27°; вид теплоносителя – горячая вода; температура горячей воды - 80°С; поверхность теплообменной пластины – 0,043 м^2; число пластин в аппарате – 132 шт; установленная мощность – 3,74 кВт; занимаемая площадь 1,37 м^2.

Репозиторий БГАТУ

Установка пастеризационно-охладительная трубчатая ТЭП-ОФП-0,25 (рис. 5.9) предназначена для пастеризации и охлаждения молока и жидких молочных продуктов, разделения молока на сливки и обрат. Применяется на молочных предприятиях малой мощности и фермах.

Состоит из приемного бака 1, насоса продукта 2, секции нагрева молока 3, сепаратора-сливкоотделителя 4, пастеризатора для сливок с водяной рубашкой 5, инжектора 6, насоса горячей воды 7, бойлера 8, секции регенерации 9, секции пастеризации 10, секции охлаждения 11, клапана возврата недопастеризованного продукта 12.

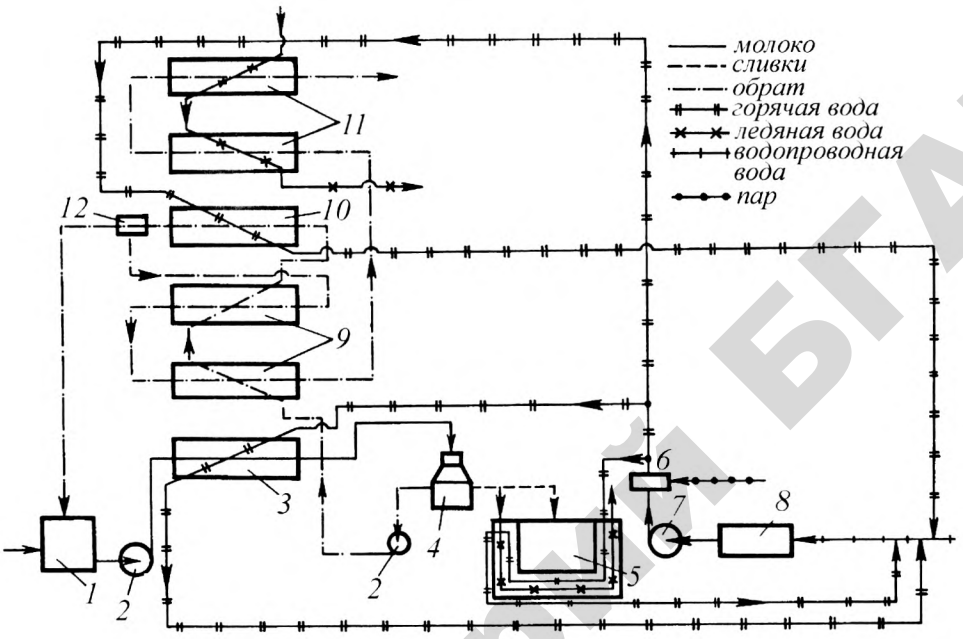


Рисунок 5.9 - Схема пастеризационно-охладительной установки ТЭПО-ОФП-0,25

Техническая характеристика: производительность – 250 л/ч; температура молока на входе в аппарат – 7…10°С, обрата на выходе – 10…12°С, пастеризации обрата - 75°С, пастеризации сливок – 85…90°С; установленная мощность – 4,5 кВт; занимаемая площадь – 7 м^2.

Для нагревания продукта в некоторых установках в качестве прямого нагрева применяют инфракрасные нагреватели. В установках с небольшой производительностью молоко подается на обработку инфракрасным излучателем тонким слоем

В *пастеризационно-охладительной установке УОМ-ИК-1* (рис. 5.10) кроме выдерживателя и пластинчатого теплообменного аппарата имеется секция инфракрасного нагрева.

Секция инфракрасного нагрева состоит из трубок кварцевого стекла U-образной формы с отражателями из анодированного алюминия. В секции 16 трубок (10 основных, 4 регулирующих режим нагрева и 2 дополнительных), на которые навита спираль из нихрома. Трубки включены в сеть параллельно. Выдерживатель состоит из двух последовательно соединенных труб из нержавеющей стали.

В пластинчатом теплообменном аппарате имеются секция регенерации и две секции охлаждения.

Молоко поступает в уравнительный бак и из него насосом последовательно подается в секции регенерации, инфракрасного нагрева и выдерживатель. После выдерживателя пастеризованное молоко проходит секцию регенерации, передавая теплоту холодному молоку, и последовательно проходит секции охлаждения водой и рассолом.

Пластинчатые пастеризационно-охладительные установки по сравнению с другими типами тепловых аппаратов имеют ряд преимуществ:

- малая рабочая вместимость, что позволяет приборам автоматики более точно отслеживать ход технологического процесса (в пластинчатой установке рабочая вместимость в три раза меньше, чем у трубчатой такой же производительности);

Репозиторий БГАТУ

- способность работать достаточно эффективно при минимальном тепловом напоре;

- минимальные теплопритоки и потери теплоты и холода (тепловая изоляция обычно не требуется);

- существенная экономия (80...90 %) теплоты в секциях регенерации (удельный расход пара в пластинчатых установках в 2...3 раза меньше, чем в трубчатых, и в 4...5 раз, чем в емкостных теплообменниках);

- малая установочная площадь (пластинчатая установка занимает примерно в 4 раза меньшую поверхность, чем трубчатая аналогичной производительности);

- возможность менять число пластин в каждой секции, что позволяет адаптировать теплообменный аппарат к конкретному технологическому процессу;

- возможность безразборной циркуляционной мойки аппаратуры.

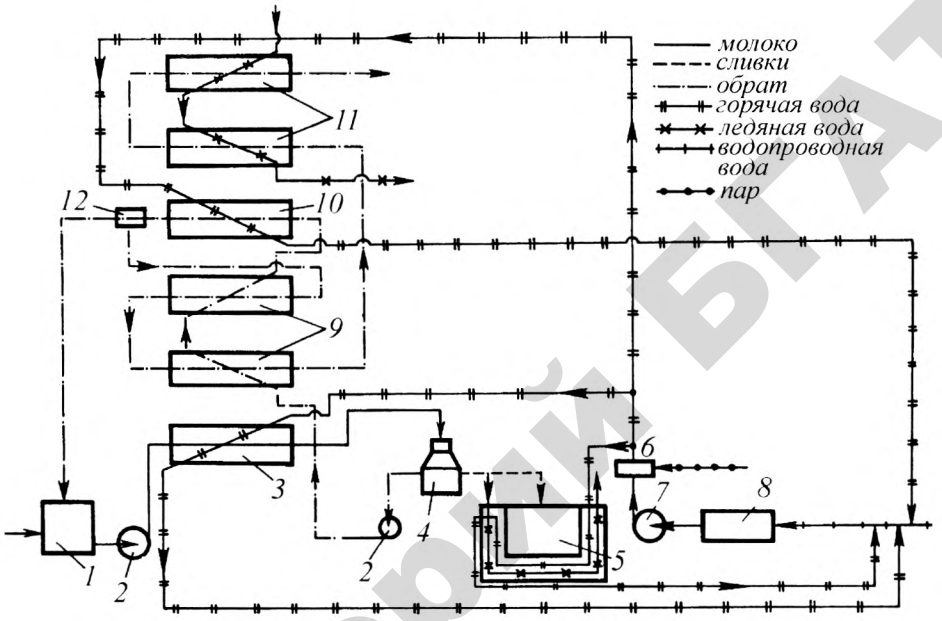


Рисунок 5.10 - Схема пастеризационно-охладительной установки УОМ-ИК-1:
1-секция инфракрасного нагрева электронагрева; 2-выдерживатель; 3, 15-термометры; 4-смотровой участок; 5, 6-трехходовой кран 7-секция охлаждения ледяной водой (рассолом); 8-секция охлаждения водой; 9-секция регенерации; 10-манометр; 11-пластинчатый теплообменник; 12, 13-вентили; 14-перепускной клапан; 16-термометр сопротивления; 17-кран; 18-уравнительный бак; 19-насос; 20-моечный водопровод; 21-емкость для хранения молока

Наиболее высокими технологическими показателями среди отечественных установок обладают модульные автоматизированные *пастеризационно-охладительные установки с электронагревом «Поток Терм 500/1000/3000»*.

Особенностью этих установок является высокий коэффициент регенерации теплоты (0,9), система подготовки горячей воды с электронагревом и четырех секционный пластинчатый теплообменник (две секции регенерации, секция пастеризации и секция охлаждения). В последнем резиновые прокладки выполнены из патентованного материала и соединены с пластинами специальными зажимами, т. е. без помощи клея. Техническая характеристика данного типа приведена в табл. 5.3.

Кроме автоматизированных выпускаются также модульные полуавтоматические *пастеризационно-охладительные установки «Поток Терм 3000/5000/10000»*, в которых нагрев продукта до температуры пастеризации осуществляется паром давлением 300 кПа. Расход пара в этих установках составляет соответственно 60, 100 и 173 кг/ч.

Репозиторий БГАТУ

Электропастеризатор для молока А1-ОПЭ (рис. 5.11) предназначен для обеззараживания молока от возбудителей туберкулеза и бруцеллеза и его пастеризации с использованием инфракрасного нагрева.

Применяется на фермах с поголовьем до 400 коров, а также в составе пунктов приемки, охлаждения и переработки молока.

Таблица 5.3 - Техническая характеристика пластинчатых пастеризационно-охладительных установок для молока марки ПТ

Показатель	ПТ-500	ПТ-1000	ПТ-3000
Производительность, л/ч	500	1000	3000
Температура молока, °С:			
на входе в аппарат	5…10	5…10	5…10
нагрева (пастеризации)	76…80	76…80	76…80
охлаждения	2…6	2…6	2…6
Коэффициент регенерации, не менее	0,85	0,9	0,9
Время выдержки молока при температуре пастеризации, с	25	25	25
Температура хладоносителя, °С	0…1	0…1	0…1
Кратность хладоносителя	4	3	2
Давление подводящей магистрали, кПа, не менее	150	150	150
Установленная мощность, кВт	18	24	50
Мощность, потребляемая установкой в режиме пастеризации, кВт	9	15	30
Габаритные размеры, мм	2150х900х х1845	2150х900х х1845	2715х1225х х2215
Занимаемая площадь, $м^2$	1,7	1,7	3,3
Масса установки, кг	500	550	1050

Состоит из передвижной рамы, на которой смонтированы: секция ИК-электронагрева; центробежный насос; пластинчатый регенератор-охладитель, бак-накопитель с регулятором и датчиком уровня жидкости, шкаф управления, гидроарматура.

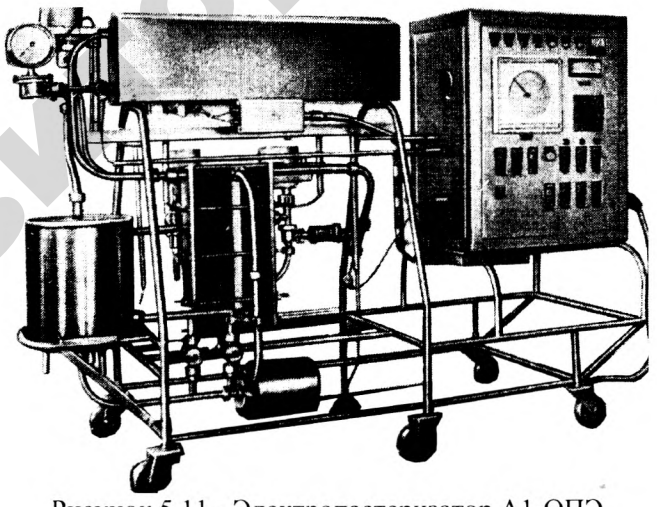


Рисунок 5.11 - Электропастеризатор А1-ОПЭ

Техническая характеристика электропастеризатора А1-ОПЭ: производительность – 1000 л/ч; температура пастеризации - 81±2С°; коэффициент регенерации тепла в теплообменном пластинчатом аппарате – 0,81; установленная мощность – 20 кВт; габаритные размеры – 165х900х2500 мм; масса – 400 кг.

Трубчатые пастеризационные установки служат для обработки молока и сливок в закрытом потоке при высоких скоростях движения обрабатываемого продукта.

Репозиторий БГАТУ

Преимуществом трубчатых аппаратов по сравнению с пластинчатыми является значительно меньшее количество и меньшие размеры уплотнительных прокладок, а недостатком - высокая металлоемкость и большие габариты. Кроме того, при чистке и мойке этих аппаратов требуется свободное пространство со стороны торцов.

Трубчатая пастеризационная установка (рис. 5.12) состоит издвух центробежных насосов, трубчатого аппарата, возвратного клапана, конденсатоотводчиков и пульта управления с приборами контроля и регулирования технологического процесса.

Основной элемент установки — двухцилиндровый теплообменный аппарат, состоящий из верхнего и нижнего цилиндров, соединенных между собой трубопроводами. В торцы цилиндров вварены трубные решетки, в которых развальцовано по 24 трубы диаметром 30 мм. Трубные решетки из нержавеющей стали имеют выфрезерованные короткие каналы, соединяющие последовательно концы труб, образуя таким образом непрерывный змеевик общей длиной около 30 м. Торцевые цилиндры закрывают крышками с резиновыми уплотнениями для обеспечения герметичности аппарата и изолирования коротких каналов друг от друга.

Пар подается в межтрубное пространство каждого цилиндра. Отработавший пар в виде конденсата выводится с помощью термодинамических конденсатоотводчиков.

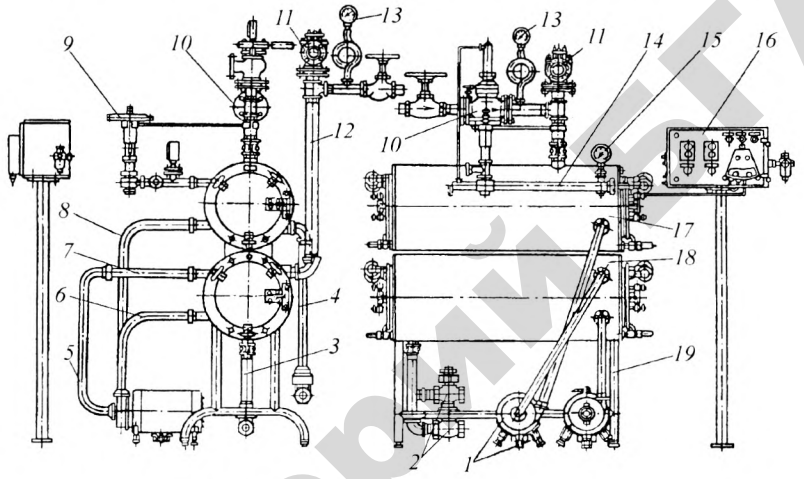


Рисунок 5.12 - Трубчатая пастеризационная установка:
1-цетробежные насосы для молока; 2-конденсатоотводчики; 3, 4-патрубки для отвода конденсата; 5, 6, 7, 8-молокопроводы; 9-возвратный клапан; 10-регули-рующий клапан; 11-предохранительные клапаны; 12-паропровод; 13-манометры для пара; 14-парубок для выхода пастеризованного молока; 15-маномер для молока; 16-пульт управления; 17-верхний барабан; 18-нижний барабан; 19-рама

Нагреваемое молоко движется во внутритрубном пространстве, проходя последовательно нижний и верхний цилиндры. На входе пара установлен регулирующий клапан подачи пара, а на выходе молока из аппарата — возвратный клапан, с помощью которого недопастеризованное молоко автоматически направляется на повторную пастеризацию. Возвратный клапан связан через регулятор температуры с термодатчиком, расположенным также на выходе молока из аппарата. Установка снабжена манометрами для контроля за давлением пара и молока.

Обрабатываемый продукт из накопительной емкости с помощью первого центробежного насоса подается в нижний цилиндр теплообменного аппарата, где нагревается паром до температуры 50...60 °С и переходит в верхний цилиндр. Здесь он пастеризуется при температуре 80...90 °С.

Второй насос предназначен для подачи молока из первого цилиндра во второй. Следует отметить, что в трубчатых пастеризационных установках скорость движения различных продуктов неодинакова. В установке для пастеризации сливок скорость их перемещения в трубах теплообменного аппарата 1,2 м/с. В процессе теплообмена сливки поступают в цилиндры пастеризатора с помощью одного центробежного насоса. Скорость перемещения молока за счет применения двух насосов выше и составляет 2,4 м/с.

Репозиторий БГАТУ

Трубчатые установки эффективны в том случае, если последующий процесс обработки молока проводят при температуре, незначительно отличающейся от температуры пастеризации.

5.2.3 Установки для облучения молока

Наряду с пастеризаторами, в которых источником прямого нагрева молока являются инфракрасные лучи, созданы и получают все большее распространение установки для пастеризации молока, работа которых основана на использовании *ультрафиолетового излучения*. Применение таких установок позволяет значительно снизить металло- и энергоемкость технологического процесса пастеризации молока, улучшить его качество и сократить потери, сохраняя при этом полезные компоненты продукта (белки, жиры, витамины).

Принцип работы пастеризаторов данного типа заключается в бесконтактном воздействии ультрафиолетового излучения на специально сформированный тонкослойный поток молока.

Так, *пастеризаторы УФО*пяти типоразмеров (табл. 5.4) различаются между собой размерами или размерами и формой.

Таблица 5.4 -Техническая характеристика пастеризаторов типа УФО

Показатель	УФО-2	УФО-3	УФО-4	УФО-5	УФО-6
Производительность, л/ч	250	500	1000	2500	5000
Потребляемая мощность, кВт	0,8	1,6	3,2	7,2	14,4
Габаритные размеры, мм	1295x720x x2170	1295x900x x2170	1700x900x x2250	3600x700x x2250	3600x1200x x2250
Масса, кг	145	220	280	1150	2000

Устройство всех пастеризаторов этого типа одинаково: корпус, в котором размещены распределитель молока, верхнее и нижнее облучающие устройства с пастеризационными пластинами и блок питания. Распределитель молока состоит из клапана-оросителя, к которому по трубопроводу подается молоко. Облучающие устройства представляют собой специальные газоразрядные лампы и отражатели. Конструкция верхнего и нижнего облучающих устройств одинакова.

Работает пастеризатор следующим образом. Молоко через отверстия клапана-оросителя подается тонким слоем на верхнюю пастеризационную пластину и, стекая по ней, проходит через интенсивный поток ультрафиолетовых лучей, испускаемых облучающим устройством. Через отверстия верхнего сборника молоко поступает на нижнюю пастеризационную пластину, где повторно обрабатывается нижним облучающим устройством. Пастеризованное молоко с нижней пастеризационной пластины стекает в сборник, а из него — в приемную емкость.

В блоке питания пастеризатора установлена пускорегулирующая аппаратура, обеспечивающая работу верхнего и нижнего облучающих устройств. В пастеризаторах производительностью 1000 л/ч и больше пускорегулирующая аппаратура размещена в отдельном шкафу.

Для периодической мойки пастеризаторов содовым раствором и водой все их рабочие органы, соприкасающиеся с молоком, выполнены легкосъемными.

Пастеризаторы УФО являются безнапорными аппаратами, и при использовании насоса для подачи молока последний должен комплектоваться запорным клапаном, обеспечивающим напор 0,1...5 м водяного столба.

Одним из перспективных направлений совершенствования пастеризационных установок является применение в них роторных нагревателей, специальная конструкция которых позволяет за счет молекулярного трения частиц обрабатываемого продукта нагревать последний до заданной температуры. Температура тепловой обработки продукта зависит от времени его нахождения в роторном нагревателе и может регулироваться в широких пределах. Одновременно с этим продукт подвергается гомогенизации.

Репозиторий ВГАТУ

Высокотемпературный пастеризатор молока с роторным нагревателем *ПМР-0,2ВТ* (рис.5.13) производительностью 500, 1000 и 1800 л/ч предназначен для пастеризации, выдержки, фильтрации и охлаждения молока. Его можно использовать совместно с доильной установкой или автономно. При необходимости пастеризатор настраивают на режим стерилизации молока.

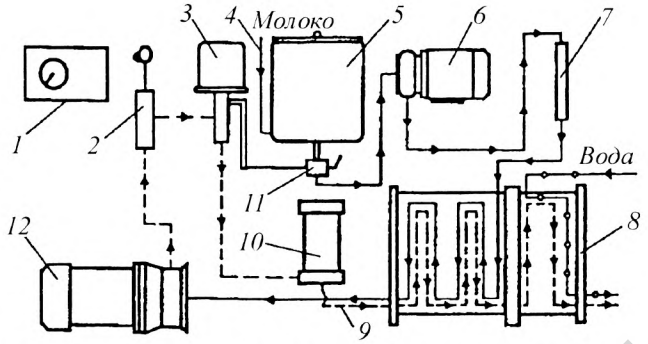


Рисунок 5.13 - Технологическая схема пастеризатора ПМР-0,2 ВТ:
1-пульт управления; 2-термометр сопротивления; 3-автоматический клапан возврата; 4-вход молока; 5-приемный бак; 6-молочный насос; 7-фильтр; 8-пластинчатый теплообменник; 9-выход молока; 10-выдерживатель; 11-кран проходной; 12-роторный нагреватель

Удельные затраты электроэнергии по сравнению с затратами при работе других установок снижены в 2,5...3 раза, а площадь, занимаемая установкой, не превышает 1,5 м^2. На рис. 5.13 приведена технологическая схема пастеризатора ПМР-0,2 ВТ.

Техническая характеристика пастеризатора ПМР-0,2 ВТ различных модификаций приведена в табл. 5.5.

Таблица 5.5 - Техническая характеристика пастеризаторов с роторным нагревателем

Показатель	ПМР-0,2	ПМР-0,2-1	ПМР-0,2-2
Производительность, л/ч	500	1000	1800
Температура молока, поступающего на обработку, °С	10…30	10…30	10…30
Температура пастеризации молока, °С	74…96	74…96	74…96
Длительность выдержки молока при температуре пастеризации, с	15…20	15…20	15…20
Температура охлажденного молока (при температуре хладоностилея 1…3°С и интенсивности подачи не менее 1,5 м^3/ч), °С	6…10	6…10	6…10
Длительность прогрева установки, мин	10	10	10
Тип фильтра	Нетканый или сетчатый		
Класс чистоты молока	I	I	I
Установленная мощность, кВт	6,5	11,7	15,0
Габаритные размеры установки, мм	1100х750х х1500	1100х1000х х1500	1200х1100х х1500
Масса установки, кг	250	300	400

Молоко из емкости для хранения поступает в приемный бак, насосом подается в фильтр и далее в пластинчатый теплообменный аппарат. В секции регенерации аппарата молоко подогревается за счет теплоты, передаваемой от продукта, поступающего из выдерживателя, и подается в роторный нагреватель. Температура обработки молока в нагревателе измеряется термометром сопротивления и отображается с помощью цифрового индикатора на пульте управления. В случае нарушения заданного режима пастеризации молоко с помощью автоматического клапана возврата направляется на повторную обработку. Нагретое до нужной температуры молоко подается в выдерживатель, где находится 15...20 с, а затем последовательно перемещается через секции регенерации и охлаждения пластинчатого теплообменного аппарата.

Репозиторий БГАТУ

Пастеризатор оснащен электронным управлением, что позволяет непрерывно контролировать его рабочие параметры.

5.2.4. Установки для вакуум-термической обработки и стерилизации молока

В некоторых пастеризационно-охладительных установках применяют *устройства для удаления нежелательных запахов и вкусов*. Эти устройства называют дезодорадорами. Они представляют собой емкости цилиндрической формы, их устанавливают между выдержвателем и секцией пастеризации. Дезодораторы бывают с инжекцией острого пара в продукт при атмосферном давлении и вакуумные.

В первом случае продукт перед поступлением в дезодоратор смешивается с очищенным острым паром, в результате чего улучшается степень его дезодорирования.

В вакуумных дезодораторах предварительно нагретый продукт поступает в перфорированную камеру (рис. 5.14) с отражателем. В вакуум-камере поддерживается разрежение (50…60 кПа), и поэтому продукт вскипает. Вторичный пар и выделившиеся газы удаляются из камеры с помощью эжекторного конденсатора. Продукт откачивается специальным насосом.

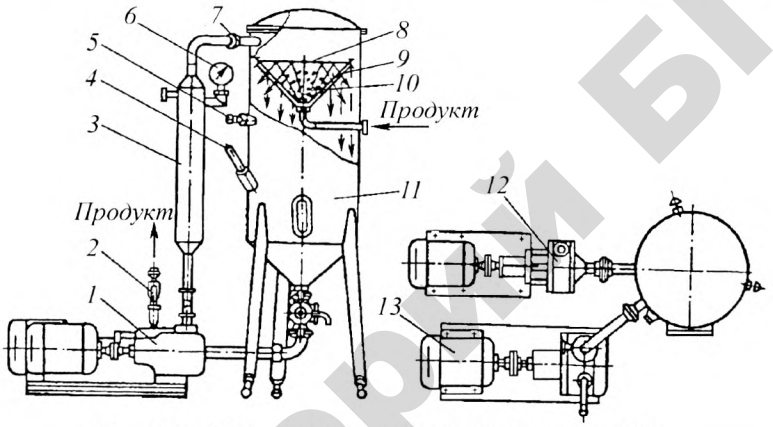


Рисунок 5.14 - Вакуум-термическая установка:
1-вакуум-насос; 2-обратный клапан; 3-конденсатор; 4-термометр; 5-воздушный клапан; 6-вакуумметр; 7-обратный клапан; 8-крышка-отражатель; 9-перфори-рованная камера; 10-шарообразные тела; 11-вакуум-камера; 12-насос продукта; 13-электродвигатель

Такую установку можно применять как самостоятельно, так и в комплектах технологического оборудования.

Установки для стерилизации трубчатого и пластинчатого типов имеют много общего с оборудованием аналогичного типа, применяемого для пастеризации молока. Основные их отличия заключаются в конструкции теплообменного аппарата, наличии гомогенизатора и температурном режиме. Например, в автоматизированной установке для стерилизации молока А1-ОПЖ пластинчатый теплообменный аппарат состоит из семи секций: трех секций регенерации, секций пастеризации и стерилизации и двух секций охлаждения.

До выхода молока из выдерживателя работа этой установки соответствует работе пастеризационно-охладительной установки.

В стерилизационной установке продукт после выдерживателя поступает в двухступенчатый гомогенизатор, где при температуре 83...85 °С, проходя через третью секцию регенерации, поступает в секцию стерилизации. При входе в секцию стерилизации продукт уже имеет температуру 120...123 °С, а на выходе — 135 °С. Достигается это подачей в секцию стерилизации пара, нагретого до 145 °С. Далее стерилизованное молоко последовательно перемещается через три секции регенерации и две охлаждения.

Применение трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов при стерилизации молока оправдано в основном тем, что при косвенном нагреве продукта значительно снижается расход энергии (в основном за счет регенерации теплоты). Между тем в таких аппаратах продолжительность термообработки довольно велика, так как в них невозможно быстро охладить продукт. С другой стороны, молоко и молочные продукты более чувствительны к продолжи-

Репозиторий БГАТУ

тельности обработки, чем к температурному режиму последней. Поэтому в настоящее время считается целесообразным совершенствование технологического оборудования для стерилизации молока, работающего как по принципу косвенного нагрева, так и в режиме прямой термообработки.

На рис. 5.15 показан один из вариантов пароконтактного нагрева молока, реализованный в *стерилизационной установке фирмы «Альфа-Лаваль»* (Швеция).

Предназначенный для нагревания продукт через патрубок подается в кольцевой канал нагревателя и направляется в камеру. Сюда же через патрубок и канал поступает очищенный острый пар. Он смешивается с молоком, конденсируется в нем и таким образом нагревает продукт до 135...140 °С.

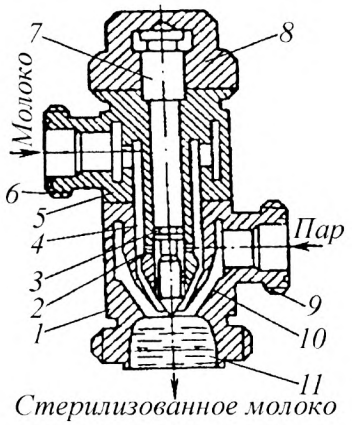


Рисунок 5.15 - Пароконтактный нагреватель молока:

1-нижняя часть корпуса; 2-отверстие для молока; 3-уплотнительное кольцо; 4-кольцевой канал для молока; 5-верх-няя часть корпуса; 6-патрубок для входа молока; 7-центральный стержень; 8-регулировочная гайка; 9-патрубок для входа пара; 10-канал для пара; 11-смесительная камера

В более совершенной конструкции стерилизатора молоко с помощью специального тефлонового диска разделяется на множество мелких потоков, которые в течение 1,5...2 секунды нагреваются паром до 125°С. Прямой нагрев продукта в сочетании с косвенным может быть осуществлен и в пластинчатом аппарате. Для этого в теплообменных пластинах имеется определенное число отверстий диаметром 0,8...1,2 мм. При подаче вместо теплоносителя пара давлением, превышающим давление продукта на 0,05...0,1 МПа, получают комбинированный нагрев молока.

5.3 Расчет пластинчатых теплообменных аппаратов для молока

Тепловой поток, уходящий от жидкого продукта (молока, сливок, обрата) с теплоносителем можно определить

$$Q = M_n c\left(t_{н.п} - t_{к.п}\right), \tag{5.17}$$

где M_n - массовый расход жидкого продукта, кг/с; c - теплоемкость продукта, Дж/кг·°С; $t_{н.п}$ и $t_{к.п}$ - начальная и конечная температура продукта, °С.

Теплоноситель непрерывно подается насосом в охладитель. Его нужно подавать в несколько раз больше, чем охлаждаемого продукта.

Отношение количества затраченного теплоносителя к количеству охлажденного продукта называется коэффициентом кратности расхода теплоносителя, которые составляют для рассольной секции 1,5…2,5, для водяной секции 2,5…3.

Если пренебречь потерями тепла в окружающую среду то для водяной секции

$$Q_в = M_n c\left(T_{н.п} - T_0\right) = n_в M_n c_в \left(T_{к.в} - T_{н.в}\right), \tag{5.18}$$

и для рассольной секции

$$Q_р = M_n c\left(T_0 - T_{к.п}\right) = n_р M_n c_р \left(T_{к.р} - T_{н.р}\right), \tag{5.19}$$

где $Q = Q_в + Q_р$ - теплота, отнимаемая водой и рассолом, Вт; $T_0 = T_{н.в} + \Delta T$ – температура продукта в конце водяной секции (ΔT =3…5°К); $n_в$ и $n_р$ – коэффициенты кратности расхода воды и рассола; $T_{н.в}$, $T_{к.в}$, $T_{н.р}$, $T_{р.в}$ – начальная и конечная температура воды и рассола, К.

Расход тепла, Дж/ч, пастеризатора

Репозиторий БГАТУ

$$Q = Fk\Delta T_{cp} = M_n c(t_к - t_н), \tag{5.20}$$

где F - площадь рабочей поверхности пастеризатора, м^2; k - коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2·°С); ΔT_{cp} - средняя логарифмическая разность температур, °С; $t_к$, $t_н$ - конечная и начальная температуры продукта, °С.

Расход пара на работу пастеризатора определяют из уравнения баланса теплообмена

$$G_2 c(t_к - t_н) = P(i - \lambda)\eta_T. \tag{5.21}$$

Откуда

$$P = \frac{G_2 c(t_к - t_н)}{(i - \lambda)\eta_T}, \tag{5.22}$$

где i – теплосодержание пара, Дж/кг; λ - теплосодержание конденсата, Дж/кг; η_T – тепловой к. п. д. пастеризатора.

Снижение затрат теплоты (пара) на пастеризацию молока оценивают коэффициентом регенерации. Он показывает отношение количества теплоты Q_p, отданной от регенератора горячим молоком холодному, к количеству теплоты Q_n, которое необходимо для нагрева холодного молока до температуры пастеризации. Коэффициент регенерации

$$E = \frac{Q_p}{Q_n} = \frac{M_n c(t_p - t_x)}{M_n c(t_n - t_x)} = \frac{(t_p - t_x)}{(t_n - t_x)}, \tag{5.23}$$

где t_p - температура регенерации, °С; t_x - температура холодного молока, °С; t_n - температура пастеризации, °С.

Значение коэффициента регенерации составляет Е=0,3 для прямоточных и Е=0,5…0,8 для противоточных регенераторов.

Площадь поверхности регенератора, м^2

$$F = \frac{M_n c(t_p - t_x)}{k_p(1 - E)(t_n - t_p)}, \tag{5.24}$$

где k_p - коэффициент теплопередачи регенератора, Вт/(м^2·°С).

Средний температурный напор определяют из температурного графика (рис. 5.16) для построения которого рассчитывают недостающие значения температуры

$$t_2 = t_1 + (t_3 - t_1)E;$$

$$t_4 = t_1 + t_3 - t_2; \tag{5.25}$$

$$t_5 = t'_в + 2,$$

где t_2 - температура регенерации, °С; t_1 - начальная температура молока, °С (6…10°С); t_3 - температура пастеризации, °С (74…76°С - при выработке питьевого молока и 86…88°С - при выработке кефира); t_4 - температура молока между секциями регенерации и водяного охлаждения, °С; t_5 - температура молока между секциями водяного и рассольного охлаждения, °С; $t'_в$ - начальная температура охлаждения воды, °С (8…10°С).

Температуру горячей воды ($t''_Г$), холодной воды ($t''_в$) и рассола ($t''_р$) при выходе из секций рассчитывают по формулам

$$t''_Г = t'_Г - \left(\frac{C_м}{C_Г n_Г}\right)(t_3 - t_2);$$

$$t''_в = t'_в + \left(\frac{C_м}{C_в n_в}\right)(t_4 - t_5); \tag{5.26}$$

$$t''_р = t'_р + \left(\frac{C_м}{C_р n_р}\right)(t_5 - t_6),$$

Репозиторий БГАТУ

где $t'_Г$ - начальная температура горячей воды , °С ($t'_Г = t_2 + 2$); $C_м$, $C_Г$,$C_в$, $C_р$ - удельная теплоемкость соответственно нагреваемого продукта, горячей воды, холодной воды и рассола, Дж/кг;$n_Г$, $n_в$, $n_р$ – кратность расхода горячей воды ($n_Г$=4…8), холодной воды ($n_в$=3), рассола ($n_р$ =2…2,5); $t'_р$ - начальная температура рассола, °С (–4…-5°С); t_6 - конечная температура пастеризованного молока, °С (4°).

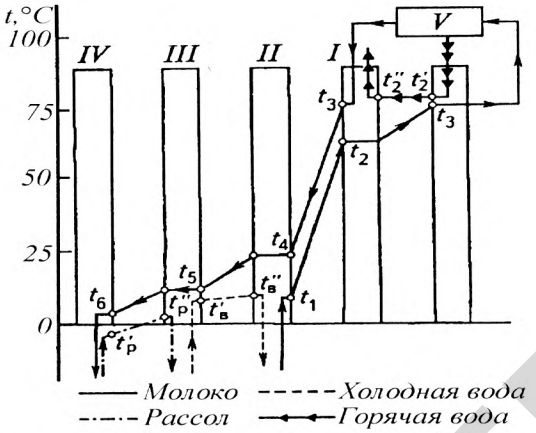


Рисунок 5.16 - Температурный график пластинчатого аппарата

Из условия неразрывности потока находят число т параллельных каналов в пакете охладителя

$$m = \frac{M_n}{\left(10^3 v_n bn\right)}, \tag{5.27}$$

где v_n – скорость движения молока по каналам охладителя (v_n = 0,25 м/с);b – ширина канала, м;n – толщина зазора между рабочими поверхностями в пакте, м.

Площади рабочих поверхностей водяной $S_в$ и рассольной $S_р$ секций охладителя находят из уравнения Ньютона-Фурье

$$S_в = \frac{Q_в}{k\Delta T_{ср}}, \text{ и } S_р = \frac{Q_р}{k\Delta T_{ср}}, \tag{5.28}$$

где k – общий коэффициент теплопередачи, $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}}$, Вт/м^2·К. Для пастеризационно-охладительных установок производительностью 1,5…2 кг/с коэффициент теплопередачи секций пастеризации, регенерации, охлаждения водой и рассолом можно принять соответственно 2550…2620; 2100…2300; 1200…1500; 1050…1150 Вт/(м^{2}с). Для установок производительностью меньше 1 кг/с эти величины принимаются равными соответственно 1200, 1150, 1100 и 950 Вт/(м^{2}с); δ - толщина пластины, м.

Средняя логарифмическая разность температур $\Delta T_{ср}$ определяется по уравнению Грасгофа

$$\Delta T_{ср} = \frac{\left(\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}\right)}{2{,}3 \lg\left(\frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}}\right)}, \tag{5.29}$$

где $\Delta T_{\max}$ - -разность температур между молоком и охлаждающей жидкостью на входе молока в данную секцию охладителя;$\Delta T_{\min}$ - разность температур между молоком и охлаждающей жидкостью на выходе молока из данной секции охладителя.

Коэффициенты теплоотдачи, α, определяют из следующих формул

$$\alpha_1 = \frac{\mathrm{Nu} \cdot \lambda_в}{2h}, \ \alpha_2 = \frac{\mathrm{Nu} \cdot \lambda}{2h}, \tag{5.30}$$

где $\lambda_в$ – коэффициент теплопроводности воды, Вт/м^2·К.

Репозиторий БГАТУ

Критерий Нуссельта определяется по формуле

$$\mathrm{Nu} = 0{,}1\,\mathrm{Re}^{0,7}\,\mathrm{Pr}_{ж}^{0,43}\left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{0,25}, \qquad (5.31)$$

где $\mathrm{Pr}_{ж}$, $\mathrm{Pr}_{ст}$ – критерии Прандтля соответственно для жидкости и стенки.

С учетом поправки на направление теплового потока: при нагревании $\left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{0,25}$ =1,05;

при охлаждении $\left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{0,25}$ =0,95.

Число пластин в секции можно определить по формуле

$$z_{пл} = \frac{S}{f_{пл}}, \qquad (5.32)$$

где $f_{пл}$ – площадь рабочей поверхности одной пластины.

*При работе м*олоко, подлежащее охлаждению, из сепаратора – молоко очистителя поступает в охладитель через штуцер упорной плиты и попадает в продольный коллектор, образованный отверстиями пластин.

Хладоноситель (вода) подается через штуцер прижимной плиты, движется в направлении, противоположном направлению движения молока и выходит из охладителя через штуцер упорной плиты.

Пакеты пластин образуют секции, расположение которых бывает одноярусным и двухъярусным, односторонним и двухсторонним. К массивным пластинам, разделяющим секции, а также к нажимной плите и станине аппарата присоединяют трубопроводы для молока и рабочих жидкостей.

Теплообмен между теплообменными средами в пластинчатых охладителях происходит через стенки, интенсивность которого зависит от разности температур охлаждающейся и охлаждаемой сред и коэффициента теплопередачи.

Чтобы обеспечить наилучшие условия теплопередачи, режим движения хладоносителя должен быть турбулентным (Re > 2320), а на поверхности охладителя, поперек горизонтальных труб, жидкость должна двигаться ламинарно.

При движении хладоносителя внутри каналов возникают значительные гидравлические сопротивления. Необходимый напор перед аппаратом вычисляют по формуле

$$H_{ап} = H_1 + \frac{v_{хл}^2}{2g}\left(1 + \lambda_{ТР}\frac{l_{охл}}{d_{тр}} + \sum\lambda_{МС}\right), \qquad (5.33)$$

где H_1 – высота установки приемника охладителя над уровнем насоса, подающего воду или рассол в охладитель, м; $v_{хл}$ – скорость движения хладоносителя, м/с; $l_{охл}$ – длина труб охладителя, м; $d_{тр}$–диаметр труб, м; $\lambda_{ТР}$ – коэффициент сопротивления трения; $\lambda_{МС}$ – коэффициент местных сопротивлений.

Для каналов некруглого сечения необходимо определять эквивалентный диаметр:

$$d_{экв} = \frac{4\mathrm{F}_к}{P_к}, \qquad (5.34)$$

где $F_к$ – площадь поперечного сечения канала, м^2; $P_к$ – периметр поперечного сечения канала, м.

Число рабочих пластин в секции (теплообменных поверхностей):

$$\mathrm{z}_{пл} = \frac{F}{\mathrm{S}_{пл}}, \qquad (5.35)$$

где $S_{пл}$ – площадь рабочей поверхности одной пластины, м^2.

Репозиторий БГАТУ

Чтобы молоко успело охладиться до заданной температуры, оно должно находиться в охладителе определенное время и это можно представить, как необходимое количество тепла для охлаждения молока, находящегося одновременно в охладителе (количество каналов для молока Z_m/ 2):

$$\theta_m = S_{пл}\,\Delta l\,\frac{z_{пл}}{2}\,\rho_м C_м (t_{нм} - t_{км}) \quad (5.36)$$

Выразив через количество тепла по формуле Ньютона определим время нахождения молока в охладителе:

$$\tau = \frac{S_{пл}\,\Delta l z_{пл} \rho_м C_м (t_{нм} - t_{км})}{2\,k_{ст}\,F \Delta t_{ср}}, \quad (5.37)$$

это же время можно определить по скорости движения молока в охладителе:

$$\tau = \frac{h}{v_м}. \quad (5.38)$$

Скорость движения молока в охладителе:

$$v_м = \frac{2\,k_{ст}\,F \Delta t_{ср} h}{S_{пл}\,\Delta l z_{пл} \rho_м C_м (t_{нм} - t_{км})}. \quad (5.39)$$

Производительность охладителя:

$$Q_м = v_м S_{пл}\,C_м\,\Delta l\,\frac{z_{пл}}{2} = \frac{2\,k_{ст}\,F\,h\,\Delta t_{ср}\,S_{пл}\,\Delta l\,C_м z_{пл}}{2\,S_{пл}\,\Delta l\,z_{пл} C_м C_м (t_{нм} - t_{км})} = \frac{k_{ст}\,F\,h\,\Delta t_{ср}}{C_м (t_{нм} - t_{км})}. \quad (5.40)$$

Пользуясь приведенными формулами, по заданной производительности можно определить параметры охладителя. Если охладитель многосекционный (водяные секции, рассольные), расчет производится для каждой секции отдельно. При этом конечная температура предыдущей секции является начальной для последующей.

Производительность охладителя должна соответствовать пропускной способности распределителя охлаждаемой жидкости:

$$\frac{G}{\rho} = \frac{k_{ст}\,F_{охл}\,\Delta t_{ср}}{C_м\,(t_1 - t_2)\,\rho}\,\varphi\,f_0\sqrt{2\,g\,H_{ж}}, \quad (5.41)$$

где f_0 – площадь отверстия, м^2; φ – коэффициент истечения; $H_{ж}$ – уровень жидкости в распределителе, м; ρ – плотность жидкости, кг/м^3.

Расход воды или рассола устанавливают из уравнения теплового баланса

$$G_{пр} C_м\,(t_{к.в} - t_{к.м}) = G_в C_в\,(t_{н.в} - t_{н.м}), \quad (5.42)$$

где $G_{пр}$ – количество продукта, кг; $G_в$– количество воды, кг.

Теплофизические константы воды и молока приведены в таблице5.6.

Таблица 5.6 - Теплофизические константы воды и молока

Показатели	Обозначение	Теплофизические константы	
		воды	молока
Теплоемкость жидкости, Дж/кгград	C	4187	3940
Теплопроводность, Вт/м·град	λ	0,58	0,55
Плотность, кг/м^3	ρ	999	1022
Динамический коэффициент вязкости жидкости, Н·с/м^2	μ	$1{,}3\cdot10^{-3}$	$1{,}1\cdot10^{-3}$
Критерий Прандаля	Pr	9	7,5

Репозиторий БГАТУ

6 ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕПАРИРОВАНИЯ, ГОМОГЕНИЗАЦИИ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА

6.1 Классификация, устройство и работа сепараторов

Сепарирование молока – эти разделение молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат) под действием центробежных сил, а также одновременной очистки молока от загрязнений. Осуществляется в сепараторах. Сепараторы также используются для нормализации и гомогенизации молока, выделение белковых фракций из сквашенного молока; бактериофугирование, облагораживание масла; сепарирование сыворотки и сгущенного молока.

По назначению сепараторы подразделяются на: сепараторы-сливкоотделители; сепараторы-нормализаторы; очистители и универсальные сепараторы. *По конструкции* они могут быть открытыми, полузакрытыми и герметическими. *По способу удаления* из барабана механических примесей и белкового сгустка сепараторы могут быть с ручной выгрузкой осадка (остановка сепаратора, разборка и очистка барабана), с периодической выгрузкой через окна в корпусе барабана (саморазгружающиеся) и с непрерывной выгрузкой осадка через сопла по периферии корпуса барабана. *По виду привода* сепараторы подразделяются на три группы: с ручным, комбинированным и электромеханическим приводом.

В открытых сепараторах молоко и продукты сепарирования соприкасаются с окружающим воздухом, захватывают воздух, образуя молочную пену, ухудшающую качество продукции и условия эксплуатации. В полузакрытых сепараторах подача молока осуществляется с доступом воздуха, а отвод – закрытым способом под давлением создаваемым барабаном.в герметических сепараторах подвод и отвод продукта осуществляется без доступа воздуха под давлением.

Для выделения из молока молочного жира используют естественный отстой, когда в спокойно стоящем сосуде с молоком жировые частицы всплывают к поверхности, образуя слой сливок и сепарирование молока.

Скорость всплытия шариков жира в молоке, находящемся в покое, пропорциональна действующему на него ускорению свободного падения, и составляет несколько миллиметров в час. Кроме того, требуются большие площади помещений для размещения оборудования, а в снятом молоке остается значительная часть жира.

В связи с необходимостью получения сливок в большом количестве и высокого качества возникла проблема ускорения отстаивания сливок. Уже с середины XIX в. начали появляться различные устройства для получения сливок, основанные на применении центробежной силы. В 1877 Г.Лаваль предложил для разделения молока центрифугу, которую назвал сепаратором. Этот сепаратор не нашел широкого применения, так как был периодического действия. В 1879 г. на базе анализа конструкций центрифуг Г.Лаваль изобрел бестарельчатый сепаратор непрерывного действия. В 1889 г. Бехтольсгейм предложил конические тарельчатые вставки, позволяющие интенсифицировать процесс сепарирования и увеличить производительность сепаратора. Первый патент на сепаратор соплового типа был выдан в Швеции в 1904 г.

Основными элементами сепараторов являются: барабан, приводной механизм, станина, коммуникации для подвода и отвода продуктов сепарирования.

Сепаратор ОСБ открытого типа с ручной выгрузкой осадка предназначен для разделения цельного молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат), с одновременной очисткой их от загрязнений при температуре 308...313°К и кислотности не более 20° Тернера. Производительность 1000 л/час. Содержание жира в обрате до 0,04 %. Частота вращения барабана 8000 мин$^{-1}$. Количество тарелок в барабане 56. Масса барабана 17 кг. Мощность электродвигателя 0,55 кВт. Продолжительность непрерывной работы 1 час. Основные части сепаратора: станция с приводным механизмом, плитой и салазками, барабан и молочная посуда.

Состоит из электродвигателя 1 (рис. 6.1), приводного механизма, барабана 5 и приемно-выводного устройства. Приводной механизм обеспечивает постепенную и плавную передачу вращения от электродвигателя через фрикционно-центрбежную муфту, состоящую из полумуфты, обоймы и грузиков с фрикционными накладками, на червячную пару, вал 2 и барабан 5. Барабан

Репозиторий БГАТУ

состоит из основания, тарелкодержателя, пакета промежуточных тарелок, верхней разделительной тарелки с отверстием и регулировочным винтом, крышки, прижимаемой к основанию шайбой.

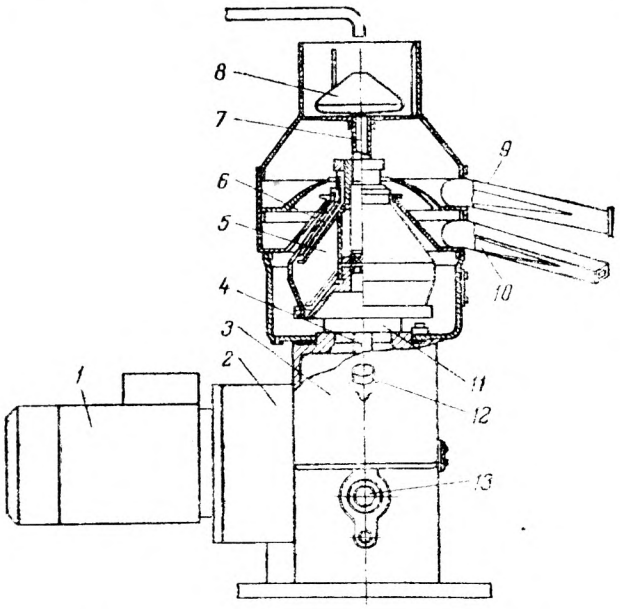


Рисунок 6.1 - Общий вид сепаратора ОСБ:
1-электродвигатель; 2-фрикционно-центробежная муфта; 3-приводной механизм; 4-вертикальный вал; 5-барабан; 6-разделительная тарелка; 7-трубка; 8-поплавок; 9-приемник сливок; 10-приемник обрата; 11-корпус подшипника; 12-заливное отверстие; 13-смотровое стекло

Сливкоотделительный барабан (рис. 6.2, б) состоит из основания 1, тарелкодержателя 3, пакета тарелок 2, кожуха барабана 10, накидной гайки 5. Между основанием и кожухом закладывается уплотнительное кольцо 11.

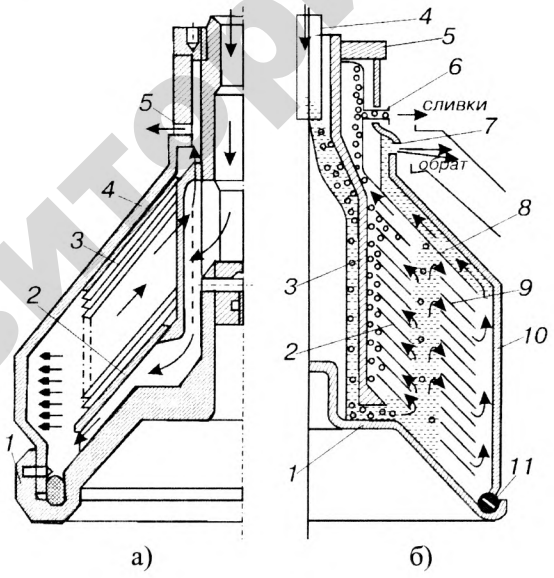


Рисунок 6.2 - Схема барабана сепараторов:
а) молокоочистителя; б) сливкоотделителя

В основание вставляется трубка 4 приемной камеры. На центральную трубку основания надеваются тарелкодержатель и комплект тарелок. Зазор между тарелками обеспечивается за счет при варенных шипиков. Пакет тарелок накрыт разделительной тарелкой 8. В ее горловине припая-

Репозиторий БГАТУ

на планка с регулировочным винтом 6. На наружной конусной части разделительной тарелки напаяны три ребра, на которое ложится кожух барабана, образуя пространство для выхода обезжиренного молока. При сепарировании молоко из молокоприемника через калиброванную трубку с постоянным напором поступает в центральную трубку основания. Далее по каналам и отверстиям 9 в тарелкодержателе молоко попадает по трем вертикальным каналам в пакете тарелок 2 и распространяется между тарелками вращающегося барабана. В межтарелочном пространстве поток молока разделяется. Плазма, как более тяжелая часть молока (обрат) движется к периферии - к стенкам кожуха барабана. Жировые шарики под действием центростремительного ускорения движутся к оси вращения и «всплывают». Таким образом в межтарелочном пространстве под действием напора вновь поступивших в барабан порций молока образуются два потока: I - поток сливок, направленный к оси барабана; II - поток плазмы к стенкам кожуха барабана. Сливки оттесняются к тарелкодержателю и, поднимаясь вверх, выходят через отверстие регулировочного винта. Обезжиренное молоко проходит между разделительной тарелкой и кожухом и выбрасывается из барабана через канал 7.

Для изменения жирности сливок регулировочный винт с отверстием неизменного сечения ввертывают внутрь. Скорость истечения сливок снижается, так как центробежная сила по мере приближения винта к оси вращения уменьшается, а с ней уменьшается и напор. При этом сливок будет выходить меньше, но они будут содержать больше жира.

В пространстве между пакетом тарелок и кожухом барабана (грязевое пространство) оседает грязь.

Зазор между парами тарелок (в разных конструкциях) составляет 0,35...0,5 мм.

Зазоры между тарельчатыми вставками у молокоочистительного сепаратора больше, чем у сливкоотделителя и могут составлять 0,8...2,0 мм. *Молокоочистительный барабан* (рис. 6.2, а) состоит из корпуса 4 с центральной трубкой дна 1, тарелкодержателя 2, пакета тарелок 3, верхней тарелки, крышки, затяжной гайки и уплотнительного резинового кольца. Центральная трубка корпуса закрыта снизу и имеет ребро для установки в прорези вала барабана.

Процесс протекает в следующем порядке. Через кран молокоприемника молоко поступает в поплавковую камеру, обеспечивающую постоянство расхода (постоянный напор), а оттуда через калибровочную трубку идет в центральную трубку барабана. Через отверстия и каналы тарелкодержателя оно поступает в грязевое пространство (между пакетом тарелок и крышкой корпуса 4), где оседает основная часть механических примесей. Затем, проходя через пакет тарелок 3, молоко очищается дополнительно и, собираясь в центральной части, выходит через отверстия 5 в крышке барабана в сборник.

У барабанов полузакрытых сепараторов-сливкоотделителей имеется в верхней части разделительной тарелки напорная камера, в которой размещается напорный диск сливок приемно-выводного устройства. Над этой камерой в горловине крышки барабана располагается камера напорного диска обезжиренного молока. Соотношение сливок и обезжиренного молока у этих сепараторов регулируют с помощью вентилей, установленных на патрубках приемно-выводного устройства.

Отличительной особенностью барабана у герметических сепараторов является подача молока в барабан снизу через полый вал, на котором установлен барабан. Сливки в таком барабане собирают в центральную трубку тарелкодержателя и выводят из барабана за счет давления, создаваемого на входе в сепаратор. В процессе работы в барабан воздух не попадает, отсутствует вспенивание, улучшается качество сепарирования.

Молоко для потребителя должно быть стандартизовано по жирности. Такое молоко называется нормализованным, а процесс приведения молока к стандартной жирности называется нормализацией. Нормализация молока производится различными способами: удаляют избыточную часть жира с помощью сепаратора-нормализатора, удаляют жир из части молока и направляют обезжиренное молоко в танк для хранения; добавляют сливки к цельному или обезжиренному молоку.

Для нормализации молока в потоке широкое распространение нашли сепараторы-нормализаторы. В них между трубами для обезжиренного молока и для сливок устанавливается

Репозиторий БГАТУ

соединительная труба. Выход продуктов сепарирования регулируют изменением их количественного соотношения запорными приспособлениями.

На рис. 6.3 показано *устройство для нормализации молока в потоке*. В процессе нормализации молока часть сливок по патрубку 2 направляется к выходу из сепаратора и, смешиваясь с обезжиренным молоком, образует нормализованную смесь. Избыток сливок выходит через трубопровод 3. При полностью открытом дросселе 4 сепаратор работает как сливкоотделитель. Настройку сепаратора-нормализатора на заданную жирность молока устанавливают по таблице с помощью дросселя 4.

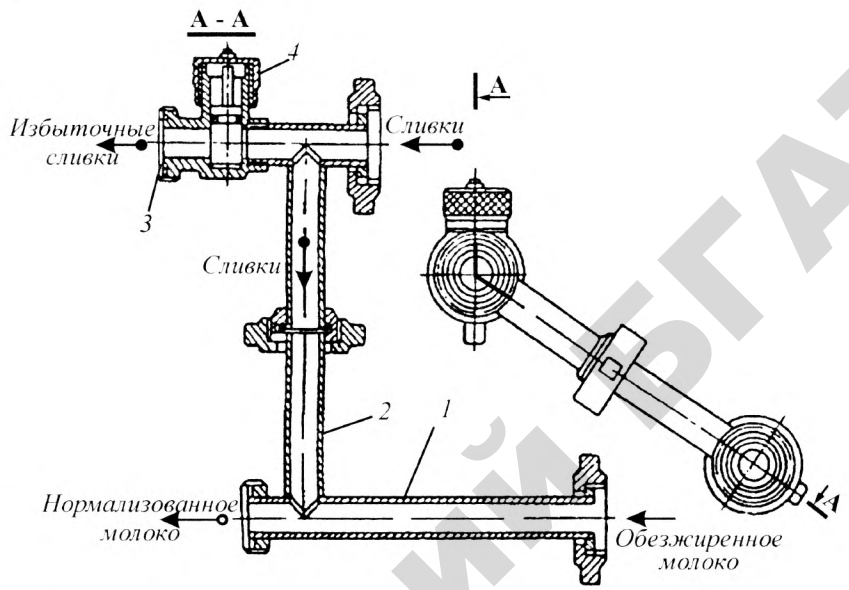


Рисунок 6.3 - Приспособление к сепаратору-сливкоотделителю для нормализации молока по жирности:1-трубопровод обезжиренного молока; 2-соединительный патрубок; 3-трубопровод для сливок; 4-регулировочный дроссель

Барабан очистителей (рис. 6.4) отличается увеличенным грязевым пространством, его тарелки не имеют отверстий, нет верхней разделительной тарелки. Такой сепаратор состоит из станины 13, в горловине которой на веретене 12 находится барабан 10. Сверху барабан закрыт крышкой 7. Привод барабана осуществляется от электродвигателя через фрикционную муфту и червячную пару.

Промышленное освоение *сепараторов с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка* началось с 1935 г. Особенностью этих сепараторов является наличие разгрузочных отверстий по периферии барабана, которые перекрываются подвижным элементом во время накопления осадка и открываются для центробежного удаления осадка на ходу машины без остановки барабана. Барабан сепаратора с периодической выгрузкой осадка показан на рис. 6.5.

При вращении барабана в жидкости возникает гидростатическое давление $p_ж$. Для перекрытия каналов 7 на периферии барабана 8 имеется поршень 9. При создании в полости 11 гидростатического давления $p_з$, обеспечивающего силу N, превышающую силу, создаваемую давлением $p_ж$ поршень надежно перекрывает каналы 7, и осадок в шламовом пространстве будет накапливаться. Гидростатическое давление в полости 11 создается подачей во вращающийся барабан водопроводной водой через канал 2. Для разгрузки шламового пространства от осадка необходимо опустить поршень 9 и открыть разгрузочные каналы 7, одним из двух способов.

Репозиторий БГАТУ

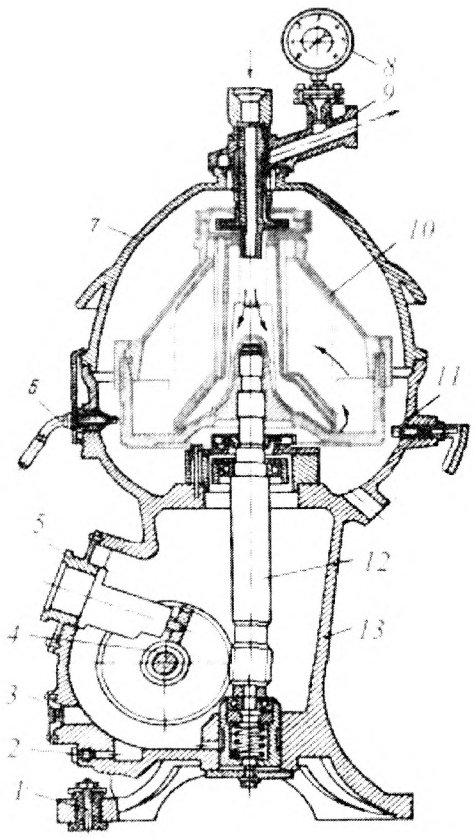


Рисунок 6.4 - Полугерметичный сепаратор:
1 – станина; 2 – канал для слива масла из опоры; 3 – указатель уровня масла; 4 – вал крепления червячного колеса; 5 – тахометр; 6 – прижим; 7 – верхняя тарелка; 8 – колпак; 9 – приемник молока; 10 – пакет тарелок; 11 – тормоз; 12 – вертикальный вал (веретено); 13 – станина

Первым способом при помощи какого-нибудь смежного гидромеханизма открывают каналы 3. при этом жидкость из полости 11 под действием центробежной силы выбрасывается, давление $p_э$ исчезает и под действием давления $p_{ж}$ на поверхность фаски 6 поршень опускается, открывая каналы 7 для разгрузки содержимого барабана.

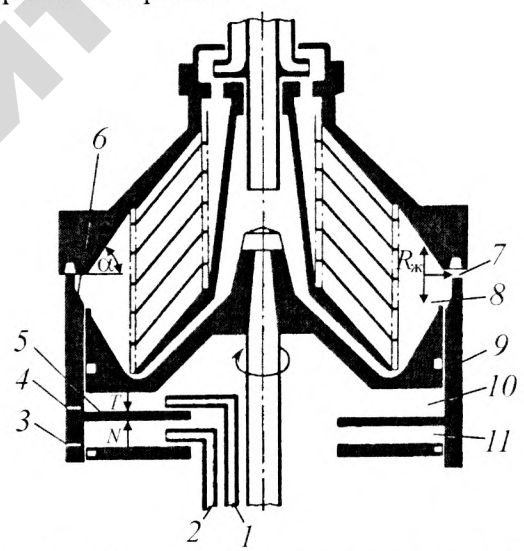


Рисунок 6.5 - Схема барабана с центральной пульсирующей выгрузкой осадка

Репозиторий БГАТУ

Второй способ предусматривает создание давления p_p, подачей воды по каналу 1 в полость 10, сила Т от которого на диафрагму 5 превышает силу $p_з$, и заставляет поршень опуститься открывая разгрузочные каналы 7.

Процесс управления работой сепаратора полностью автоматизирован.

Основные элементы системы – гидроузел и пульт управления. В состав гидроузла входят фильтр, редуктор для регулирования давления буферной воды, манометры, электромагнитный вентиль подачи размывочной воды, вентили для управления подачей воды вручную.

В автоматическом режиме управление осуществляется с пульта управления тремя программными реле. Одно из реле задает время между разгрузками барабана в пределах 5…240 мин. Установка второго реле регламентирует продолжительность разгрузки в пределах 0,3…10 с. Третье реле управляет электромагнитным вентилем подачи размывочной воды для удаления осадка при разгрузке барабана.

6.2. Расчет сепараторов-сливкоотделителей

Для выделения из молока молочного жира используют явление естественного отстоя, когда в спокойно стоящем сосуде с молоком жировые шарики всплывают к поверхности сосуда, образуя слой сливок.

Скорость всплытия

$$v = g\tau, \tag{6.1}$$

где g –ускорение свободного падения, м/с^2; τ - фактор разделения, с.

Значение τ определяется по формуле

$$\tau = \frac{2(\rho_п - \rho_ж)}{9\eta_п} r^2, \tag{6.2}$$

где $\rho_п, \rho_ж$ - плотности плазмы и жира, кг/м^3; r – радиус жирового шарика, м; $\eta_п$ - вязкость, Па·с.

Медленный процесс отстоя резко убыстряется в молочных сепараторах. Определим производительность сепаратора-сливкоотделителя по Г.И.Бремеру. Схема движения молока в межтарелочном пространстве показана на рис. 6.6, а.

Разделяемый поток молока, состоящий из частиц плазмы плотностью $\rho_п$ и жировых шариков плотностью $\rho_ж$, направляется во вращающийся барабан сепаратора, где возникает поле действия центробежных сил и происходит отстойное центрифугирование. При этом на каждую взвешенную частицу действует центробежная сила $F_ц$, отбрасывающая частицу от центра к периферии со скоростью v_c, равной скорости осаждения (отстоя).

Для оценки эффективности отстоя в центробежных устройствах сравним центробежную силу $F_ц$ с силой тяжести P, действующих в поле гравитации при естественном отстое по соотношению $F_ц / P = m\omega^2 R / mg = \omega^2 R / g$. Откуда

$$F_ц = P\omega^2 R / g = \tau P, \tag{6.3}$$

где $\tau = \omega^2 R / g$ - фактор разделения, показывающий во сколько раз действие центробежной силы превосходит силу тяжести. Чем больше фактор разделения, тем выше разделяющая способность сепаратора; R – радиус барабана, м.

Выразим угловую скорость ω, с$^{-1}$, через частоту вращения, n, с$^{-1}$, барабана сепаратора, и примем $\pi^2 \approx g$. Тогда выражение для фактора разделения

$$\tau = 4n^2 R. \tag{6.4}$$

Из полученного выражения видно, что *эффективность сепарирования выгоднее увеличивать за счет частоты вращения*, а не радиуса барабана, так как частота вращения в квадрате.

Репозиторий БГАТУ

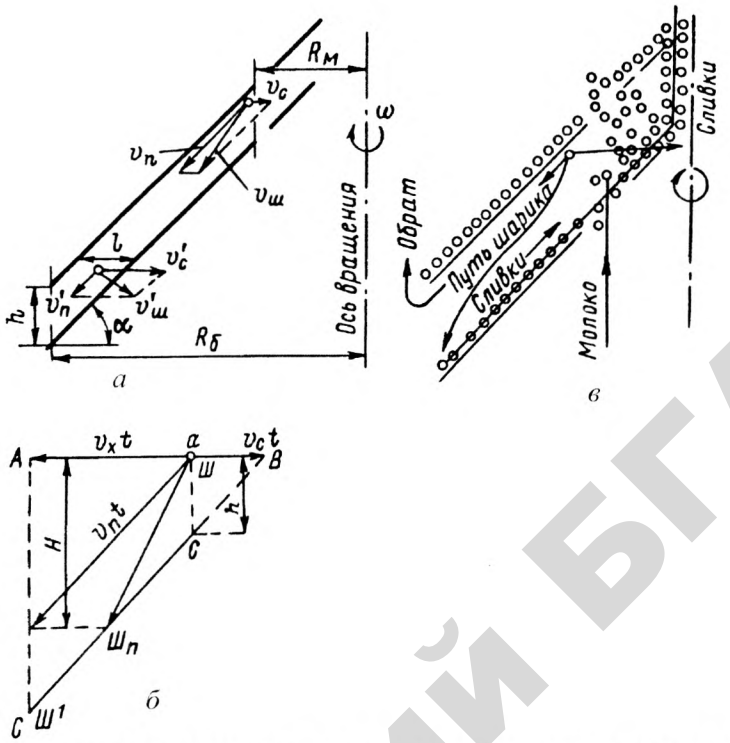


Рисунок 6.6 - Движение молока в межтарелочном пространстве барабана сепаратора:
а - выделение жирового шарика; б – токи обрата и сливок; в – план скоростей

По вертикальным каналам пакета тарелок в межтарелочное пространство поступает молоко с находящимися в нем жировыми шариками (рис. 6.6, б). Здесь жировые шарики участвуют в сложном движении. Одно составляющая движения определяется скоростью $v_п$ потока молока и направлена по образующей тарелки, другая – центробежной силой в относительном движении со скоростью v_c и направлена перпендикулярно оси вращения (скорость «всплытия» шариков). Скорость $v_п$ потока молока в межтарелочном пространстве (рис.6.6, а)

$$v_п = \frac{V_t}{2\pi R l z}, \tag{6.5}$$

где V_t – объемный расход сепаратора, м^3/с; l – расстояние между соседними тарелками по горизонтали, м; z – число межтарелочных пространств в барабане.

При ламинарном режиме движения скорость v_c осаждения определится по формуле Стокса с учетом фактора разделения

$$v_c = \frac{d^2 g(\rho_п - \rho_{ж})}{18\eta_п}\frac{\omega^2 R}{g} = \frac{d^2\omega^2 R(\rho_п - \rho_{ж})}{18\eta_п} \tag{6.6}$$

где d – диаметр жирового шарика, м.

В процессе центробежного осаждения значения τ и v_c изменяются, как зависящие от R, расстояния от оси вращения барабана до рассматриваемой частицы. Радиус вращения изменяется от $R_м$ до $R_б$ (рис.6.6, а).

Исследованиями установлено, что в диапазоне температур от 238 до 343°К физические свойства плазмы и молочного жира связаны зависимостью $(\rho_п - \rho_{ж})/\eta_п = 2900(T - 273)$, где T – температура молока, °К.

Тогда скорость всплытия шариков определится

$$v_c = 161 d^2\omega^2 R(T - 273) \tag{6.7}$$

Репозиторий БГАТУ

Абсолютная скорость движения жирового шарика $\bar{v}_ш$ равна геометрической сумме переносной и относительной скоростей: $\bar{v}_ш = \bar{v}_n + \bar{v}_c$.

Как следует из анализа формул для определения скоростей $\bar{v}_n, \bar{v}_c$ при продвижении жирового шарика в межтарелочном пространстве барабана относительная скорость будет возрастать, так как возрастает *R*, а переносная – уменьшаться, так как с увеличением *R* увеличивается сечение потока молока. Эти изменения приводят к изменению величины и направления результирующей скорости движения шариков $\bar{v}_ш$. В результате этого жировые шарики оседают на верхних поверхностях тарелок и непрерывно продвигаются к оси вращения барабана.

Потоки сливок и обрата схематично показаны на рис.6.6,б. При их анализе видно, что чем мельче жировой шарик, тем ближе к вешнему краю тарелки он опустится. Часть мелких жировых шариков, не достигших поверхности тарелки, выносятся с потоком обрата. Жировые шарики, опустившиеся на верхнюю поверхность нижней тарелки, движутся к центру вращения, в направлении общему потоку обрата. Сепараторы имеют устройство, позволяющее настраивать их на такой режим работы, при котором потери жировых шариков будут сведены к минимуму. Эта регулировка называется настройкой сепаратора на «остроту разделения».

Предельное положение жирового шарика, который при данном режиме работы сепаратора достигнет сливочного потока на краю нижележащей тарелки показано на рис.6.6,в. Пусть средняя переносная скорость будет $\bar{v}_n$, относительная $\bar{v}_c$, время движения в межтарелочном пространстве *t*.В выбранном масштабе нанесем на чертеж пути движения шарика в переносном и относительном движениях за время *t*. Длина пути, проходимая потоком , равна рабочей длине образующей усеченного конуса тарелки. Высоту тарелки обозначим через *H*, а расстояние между тарелками по высоте обозначим через *h*. Проекция пути шарика при переносном движении на горизонтальную ось обозначим через $v_x t$. Так как $\Delta ABC \approx \Delta abc$ и $v_c = v_n \cos\alpha$, то мы можем записать соотношения: $v_x / v_c = v_n \cos\alpha / v_c = H/h$.

С учетом значений $\bar{v}_n, \bar{v}_c$ в формулах (6.6) и (6.7) получим

$$\frac{v_x}{v_c} = \frac{9V_t \cos\alpha \eta_n}{\pi R l z d^2 \omega^2 R(\rho_n - \rho_{ж})}. \qquad (6.8)$$

По рекомендациям В.Н.Стабникова и В.И.Баранцева для определения подачи сепаратора рассмотрим элементарный кольцевой объем dV сепарирующей части барабана, ограниченной толщиной кольца *dR*. При этом $dV = 2\pi hzRdR$, где *h* – расстояние между тарелками по вертикали, м.

Продолжительность пребывания молока в объеме *V* составит $dt = dV/V = 2\pi hzRdR/V$.

За это время находящийся в молоке жировой шарик, двигаясь со скоростью осаждения v_c, переместится в направлении к оси вращения на расстояние

$$dl = v_c dt = \frac{2\pi hzd^2\omega^2(\rho_n - \rho_{ж})R^2 dR}{18V\eta_n}. \qquad (6.9)$$

За время прохождения полного рабочего объема барабана, ограниченного радиусами $R_м$ и $R_б$ (рис. 6.6,а) жировой шарик должен успеть переместится в потоке на расстояние *l*.

Проинтегрируем последнее выражение в пределах от 0 до *l* и от $R_м$ и $R_б$, получим

$$l = \frac{2\pi hzd^2\omega^2(\rho_n - \rho_{ж})}{18V\eta_n} \frac{\left(R_б^3 - R_м^3\right)}{3}. \qquad (6.10)$$

После подстановки в это выражения значения $l = h/tg\alpha$ и упрощения получим формулу для расчета производительности V_t (м/с) сепаратора

Репозиторий БГАТУ

$$V_t = \frac{d^2\omega^2 z tg\alpha\left(R_б^3 - R_м^3\right)\left(\rho_п - \rho_ж\right)\eta_c}{8{,}6\eta_п}, \quad (6.11)$$

где η_c – КПД сепаратора (η_c=0,5…0,7).

Эта формула дает хорошее совпадение теоретической производительности очистителя с паспортной лишь при расчетном диаметре частиц от 2до 2,5мк.

В барабанах некоторых сепараторов-очистителей расстояние между тарелками 1…2 мм, в других же 8…10 мм.

При расстоянии между тарелками, δ= 1…2мм:

$$V_t = \frac{z \cdot V_{расч} \cdot \omega^2}{35 \cdot 10^6} \quad (6.11)$$

где $V_{расч}$ – расчетный объем барабана, м^3.

При расстоянии между тарелками δ = 8…10мм:

$$V_t = \frac{z \cdot V_{расч} \cdot \omega^2}{11 \cdot 10^6} \quad (6.12)$$

Теоретическая производительность молокоочистителя при условии несмывания выделенной грязевой частицы в очищенный продукт:

$$V_t = \frac{0{,}116 d_ч \omega^2 R_б^2 \delta^2 z\left(\rho_п - \rho_ж\right) d\cos\alpha}{\eta_п} \quad (6.13)$$

где δ – расстояние между тарелками, м.

Оптимальное расстояние между тарелками очистителя

$$\delta_{опт} = \frac{1{,}71}{R_м}\sqrt[4]{\frac{V_t\eta_п\left(R_б^3 - R_м^3\right)tg\alpha}{\omega^2 z\left(\rho_п - \rho_ж\right)\cos^2\alpha}}, \quad (6.14)$$

где $Q_д$ – секундный расход сепарируемой жидкости через барабан, м^3/с.

Движение молока в межтарелочном *пространстве определяется* зависимостью:

$$Q'_{сеп} = \frac{V_t}{z} < \frac{442}{\delta} + 64, \quad (6.15)$$

где $Q'_{сеп}$ – действительную среднюю нагрузку на межтарелочный канал,см^3/с.

Поток молока, поступающий с периферии барабана в межтарелочное пространство, увлекает в него лишь такие частицы загрязнений, стоксова скорость которых на границе тарелки оказывается менее скорости потока при входе в пакет тарелок.

Критический размер увлекаемых в пакет дисперсных частиц:

$$d_{кр} = \frac{1{,}691}{\omega R_{max}}\sqrt{\frac{V_t\eta_п\cos\alpha}{\delta z\left(\rho_п - \rho_ж\right)}}, \quad (6.16)$$

где R_{max}– наружный радиус тарелки, м.

Частицы крупнее $d_{кр}$ оседают на стенки барабана, не проникая в межтарелочные пространства.

Минимальный размер частиц, выделяемых очистителем в межтарелочном пространстве:

$$d_{мин} = \frac{2{,}93}{\omega}\sqrt{\frac{V_t\eta_п}{\beta z\left(R_б^3 - R_м^3\right)\left(\rho_п - \rho_ж\right)tg\alpha}}. \quad (6.17)$$

где R_{max}и R_{min}– радиусы тарелки, м; α – угол наклона образующей тарелки к горизонту, град; $\omega_б$– угловая скорость барабана, с$^{-1}$.

Минимальный размер выделившихся частиц, *несмываемых потоком с грязевого слоя* в межтарелочном пространстве:

Репозиторий БГАТУ

$$d'_{мин} = \frac{17{,}2 \cdot V_t \eta_n}{z\omega^2 R_{max}^2 \delta^2 (\rho_n - \rho_ж)\cos\alpha}. \quad (6.18)$$

Время, необходимое для радиального перемещения расчетной частицы от R_{max} до R_{min}:

$$\tau_{радч} = \frac{41{,}5\eta_n}{d^2\omega^2\delta^2(\rho_n - \rho_ж)} \lg\frac{R_б}{R_м}. \quad (6.19)$$

Время пребывания молока в барабане:

$$\tau_б = \frac{V_б}{V_t}, \quad (6.20)$$

где $V_б$ – объем барабана, м^3; H – рабочая высота кольца жидкости в барабане, м.

Критический размер выделяемой грязевой частицы из условия $\tau_б = \tau_{расч}$:

$$d_{гр} = \frac{3{,}65}{\omega}\sqrt{\frac{V_t \eta_n \lg\frac{R_б}{R_м}}{(R_б^2 - R_м^2)h(\rho_n - \rho_ж)}}. \quad (6.21)$$

Длительность непрерывной работы сепаратора-очистителя должна обеспечить обработку молока в течение одного времени доения $t_д$ без разборки сепаратора:

$$t_д = V_{гр} \cdot 100/P, . \quad (6.22)$$

где $V_{гр}$ – объем грязевого пространства барабана, м^3; P – процент отложения сепараторной слизи от общего объема очищенного молока, P= 0,03…0,06 %.

Расстояние между тарелками не должно приближаться к критическому, при котором возможна турбулизация потока. Объем грязевого пространства молокоочистителей принимают из расчета 1 л на 1000 л часовой производительности. Молокоочиститель может работать непрерывно 3…4 часа. В этом случае отложения в грязевом пространстве достигают 0,03 % от объема пропущенного молока. Угол наклона образующей тарелок к горизонтали принимают равным 60…50^0.

Энергия, затрачиваемая при работе сепаратора, используется на сообщение кинетической энергии выбрасываемой жидкости N_1, преодоление трения барабана о воздух N_2, в подшипниках N_3, в редукторе N_4.

Мощность, необходимую для сообщения кинетической энергии выбрасываемой жидкости, определяют по формуле (для открытых сепараторов):

$$N_1 = \varphi_c Q_c r^2 \omega_б^2, \quad (6.23)$$

где Q_c – производительность сепаратора, кг/с; $\omega_б$ –угловое ускорение барабана, с$^{-1}$; r – расстояние от оси вращения до выходного отверстия, м; φ_c – коэффициент, учитывающий радиальную скорость струи (φ_c=1,1…1,2).

При расчёте мощности, необходимой для работы герметических и полу герметических сепараторов, вместо мощности на выбрасывание продуктов сепарирования из барабана учитывают потребную мощность для напорных дисков.

Мощность, потребную для преодоления трения барабана о воздух, рассчитывают по формуле

$$N_2 = \gamma_в F_{бар} v_{бар}^3, \quad (6.24)$$

где $\gamma_в$ – удельный вес воздуха, кг/м^3; $F_{бар}$ – площадь боковой поверхности барабана, м^2; $v_{бар}$ – окружная скорость барабана, м/с.

Мощность, используемую на преодоление трения в опорных подшипниках вала барабана, вычисляют по формуле

$$N_3 = \frac{C_{тр} G_i v_{бар}^3}{d_i}, \quad (6.25)$$

Репозиторий БГАТУ

где G_i – нагрузка на подшипники, кг; d_i– диаметр цапфы, м; $C_{тр}$ – коэффициент ($C_{тр}$ =0,002).

Мощность на преодоление трения в редукторе определяют исходя из к.п.д. приводного механизма η.

При червячной передаче:

$$\eta = \frac{tg(\alpha_л + \varphi)}{tg\alpha}(1 - 0{,}26f)\eta_0 \qquad (6.26)$$

где $\alpha_л$– угол подъёма винтовой линии, град; φ – угол трения (для стального вала и бронзового колеса $\varphi = 4^0$); f – коэффициент трения (f = 0,07); η_0 – коэффициент, учитывающий потери на трение в опорах (при шарикоподшипниках η_0 = 0,97).

Общая потребляемая мощность:

$$N_{общ} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \qquad (6.27)$$

Мощность $N_{разг}$, необходимую для разгона барабана сепаратора до номинальной частоты вращения определим

$$N_{разг} = \frac{J \cdot \omega^2}{1000 \cdot t}, \qquad (6.28)$$

где ω - номинальная угловая скорость барабана, $с^{-1}$; t - время разгона барабана, с (t=60...180 с).

Мощность $N_в$ на преодоление трения барабана о воздух

$$N_в = \frac{C \cdot \rho \cdot v^3 \cdot F}{8000}, \qquad (6.29)$$

гдеC = 0,3 - постоянный коэффициент; ρ = 1,2 кг/$м^3$ - плотность воздуха при T=293 °К; v - окружная скорость барабана, м/с; F - площадь боковой поверхности барабана, $м^2$.

Пусковая мощность сепаратора

$$N_п = \frac{(N_{разг} + N_в)}{\eta}, \qquad (6.30)$$

где η = 0,8...0,85 - к.п.д. сепаратора.

В период разгона сепаратора мощность необходима и для преодоления трения в пусковом механизме (фрикционных муфтах с колодками или с раздвигающимися кулачками, либо при сдвигании ремня с холостого шкива на рабочий).

В среднем в период разгона сепаратора пусковым приспособление поглощается около 40 % потребной мощности.

Мощность, потребная сепаратором в период рабочего хода, распределяется примерно следующим образом:

– на трение в пусковом механизме – 25 %;

– на трение барабана о воздух – 50 %;

– на сообщение кинетической энергии выбрасываемой жидкости и преодоление гидравлических сопротивлений – 25 %.

Число оборотов современных сепараторов обычно ниже верхнего критического числа. Фактическое число оборотов барабана в пределах от 6000 до 12000 $мин^{-1}$. При наличии дебалансирующих масс (загрязнений), неправильной или некомплектной сборки, обязательно возникают значительные биения барабана, что может привести к аварии сепараторов.

Практическое занятие. Барабан молоко очистителя вращается со скоростью n = 7200 $мин^{-1}$ ($\omega_б$ = 754 $с^{-1}$). Число тарелок пакета z = 28; расчетные радиусы тарелок: R_{max} = 95 *мм* и R_{min} = 39 *мм,* угол наклона образующей конуса тарелки α = 55° ($tg\alpha$= 1,43; $cos\alpha$=0,574), расстояние между тарелками δ=2*мм*. Производительность очистителя Q_0 = 4000 *л/ч,* температура молока t = 40° С.

Определить теоретический минимальный размер грязевой частицы, выделяемой в межтарелочном пространстве, и соотношение между разделяющим фактором молоко очистителя и сопротивляемостью молока выделению грязевой частицы наименьшего размера.

Репозиторий БГАТУ

Решение .Секундная объемная производительность очистителя:

$$Q_д = \frac{4000}{1000 \cdot 3600} = 0{,}00111 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Теоретический минимальный размер выделяемых очистителем грязевых частиц:

$$d_{мин} = \frac{2{,}93}{\omega}\sqrt{\frac{V_t \eta_п}{z\left(R_б^{\,3} - R_м^{\,3}\right)(\rho_п - \rho_ж)tg\alpha}} = \text{ мк.}$$

$$= \frac{2{,}93}{754}\sqrt{\frac{0{,}00111}{28 \cdot \left(0{,}095^3 - 0{,}039^3\right) \cdot 29200 \cdot 1{,}43}} = 1{,}33$$

где $Q_д$ – секундный расход сепарируемой жидкости через барабан, м^3/с; $\rho_ч$, $\rho_с$– плотности грязевой частицы и молока, кг/м^3; $\mu_м$– динамическая вязкость молока, Н·с/м^2.

Значения дисперсионной среды, дисперсной фазы и коэффициента динамической вязкости молока в зависимости от температуры при температуре молока 40° С:

$$\frac{(\rho_п - \rho_ж)}{\eta_п} = 292000, \text{ м/с}^2.$$

Минимальный размер частиц, несмываемых потоком очищенного молока с грязевого слоя в межтарелочном пространстве, определим по формуле

$$d_{мин} = \frac{8{,}58 V_t \eta_п}{z\omega^2 R_{max}^2 \delta^2 (\rho_п - \rho_ж)\cos\alpha} = \frac{8{,}58 \cdot 0{,}00111}{28 \cdot 754^2 \cdot 0{,}039^2 \cdot 0{,}002^2 \cdot 292000 \cdot 0{,}754} = 0{,}6 \text{ мк.}$$

гдеz_m – количество тарелок, шт; δ_m— расстояние между тарелками, мм.

Следовательно, выделяемая очистителем наименьшая грязевая частица d_{mim} = 1,33 мк больше частицы d_2 = 0,6 мк, смываемой потоком. Это означает, что все частицы размером от 0,6 до 1,3 мк, оказавшиеся ближе к поверхности верхней тарелки и достигшие поверхности, не будут смываться и могут переместиться в грязевое пространство барабана.

Сопротивляемость молока выделению частиц:

$$F_м = \frac{1}{\tau} = 18\frac{\eta_п}{(\rho_п - \rho_ж) \cdot d^2} = \frac{18}{292000\left(1{,}33 \cdot 10^{-6}\right)^2} = 35{,}8 \cdot 10^6$$

Разделяющий фактор очистителя:

$$F = \frac{2\pi}{3} \cdot \frac{\omega_c^{\,2}}{V_t} z\left(R_б^3 - R_м^3\right) \cdot tg\alpha = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 754^2 \cdot 28 \cdot \left(0{,}095^3 - 0{,}039^3\right) \cdot 1{,}43}{3 \cdot 0{,}00111} = 62{,}5 \cdot 10^6$$

Разделяющий фактор сепаратора:

$$\frac{F}{F_м} = \frac{62{,}5 \cdot 10^6}{35{,}8 \cdot 10^6} = 1{,}75 \text{ раза.}$$

Сопоставление факторов разделения молоко очистителя показывает, что разделяющий фактор ($F = 62{,}5 \cdot 10^6$) больше, сопротивляемости молока выделению частиц в 1,75 раза, а следовательно молоко очиститель с заданными параметрами работоспособен.

Практическое занятие. Определить минимальные размеры жировых частиц, выделяемых сепаратором и проверить соответствие межтарелочного расстояния теоретически оптимальному, если барабан делает n = 6500 *мин$^{-1}$,* максимальный расчетный радиус тарелки R_{max}= 138 *мм,* а минимальный R_{min} = 49 *мм,* угол наклона образующей тарелки a= 55°, величина межтарелочного зазора δ = 0,4 *мм,* число тарелок z_m= 88, производительность сепаратора $Q_д$ = 3000 *л/ч,* технологический к. п. д. β = 0,461, температура молока t = 37°С.

Решение. Угловая скорость барабана:

$$\omega_c = 0{,}1046 \cdot 6500 = 680 \text{ с}^{-1}.$$

Секундная производительность:

Репозиторий БГАТУ

$$V_t = \frac{3000}{1000 \cdot 3600} = 0{,}000834 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Предельно-минимальный размер выделяемых жировых частиц:

$$d_{мин} = \frac{2{,}93}{\omega}\sqrt{\frac{V_t \eta_n}{\beta z\left(R_б^{\,3} - R_м^{\,3}\right)(\rho_n - \rho_ж)tg\alpha}} =$$

$$= \frac{2{,}93}{680}\sqrt{\frac{0{,}000834}{0{,}461 \cdot 88 \cdot 1{,}43\left(0{,}137^3 - 0{,}049^3\right)2900 \cdot 37}} = 1 \text{ мк.}$$

Минимальный размер несмываемого в обрат жирового шарика:

$$d'_{мин} = \frac{17{,}2 \cdot V_t \eta_n}{z\omega^2 R_{\max}^2 \delta^2 (\rho_n - \rho_ж)\cos\alpha} =$$

$$= \frac{17{,}2 \cdot 0{,}000834}{680^2 \cdot 0{,}138^2 \cdot 0{,}0004^2 \cdot 88 \cdot 2900 \cdot 37 \cdot 0{,}573} = 1{,}88 \text{ мк.}$$

Как видно, $d_{min} < d'_{min}$ почти в два раза. Из этого следует, что часть жировых частиц (диаметром $d < 1{,}88$мк), успевших пересечь межтарелочное пространство и достичь слоя сливок, смывается с поверхности этого слоя в грязевую камеру барабана. Чтобы этого избежать (теоретически), необходимо изменить межтарелочный зазор до оптимальной величины.

Оптимальное расстояние между тарелками:

$$h = \frac{2{,}43}{R_б}\sqrt{\frac{V_t \eta_n \beta\left(R_б^3 - R_м^3\right)tg\alpha}{\omega_c^2 \cdot z(\rho_n - \rho_ж)\sin\alpha}} =$$

$$= \frac{2{,}43}{R_б}\sqrt{\frac{0{,}000834 \cdot 0{,}461 \cdot \left(0{,}138^3 - 0{,}0149^3\right) \cdot 1{,}43}{680^2 \cdot 88 \cdot 2900 \cdot 37 \cdot 0{,}573^2}} = 2{,}55 \text{ мк.}$$

Полученное значение расстояния между тарелками встречается в барабанах молоко очистителей. В барабанах сепараторов-сливкоотделителей межтарелочные зазоры не превосходят 0,6…0,8 мм.

Практическое занятие. Определить время пребывания молока в межтарелочном пространстве барабана и на какую оптимальную жирность сливок он рассчитан, если производительность сепаратора $Q_д = 5000$ л/ч, число тарелок $z_m = 124$, расчетные радиусы тарелок $R_{max} = 138$ мм и $R_{min} = 35$ мм, расстояние осей отверстий в тарелке до оси барабана $R_0 = 65$ мм, угол наклона образующей $\alpha = 55°$, расстояние между тарелками $\delta = 0{,}52$ мм.

Решение. Секундная производительность сепаратора

$$V_t = \frac{5000}{1000 \cdot 3600} = 0{,}00139 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Максимальное время пребывания молока между тарелками при движении от R_{min} до $R_{\max}$:

$$\tau = \frac{\pi z \delta\left(R_{\max}^3 - R_{\min}^3\right)}{V_t \cdot \sin\alpha} = \frac{3{,}14 \cdot 124 \cdot 0{,}00052 \cdot \left(0{,}138^2 - 0{,}035^2\right)}{0{,}0139 \cdot 0{,}574} = 4{,}65 \text{ с}.$$

Время перемещения молока между тарелками от отверстий R_0 до наружного края $R_{мак}$:

$$\tau' = \frac{3{,}14 \cdot 124 \cdot 0{,}00052 \cdot \left(0{,}138^2 - 0{,}065^2\right)}{0{,}0139 \cdot 0{,}574} = 3{,}87 \text{ с}.$$

т. е. 83 % от максимально возможного.

За время $t' = 3{,}87$с жировая частица должна пройти в радиальном направлении путь:

$$\Delta R = \frac{\delta}{\sin\alpha} = 0{,}634 \text{ мм}.$$

перемещаясь со средней радиальной скоростью:

Репозиторий БГАТУ

$$v = \frac{\Delta R}{\tau t} = 0{,}000164 \text{м/с}.$$

Средне логарифмическое радиальное расстояние от $R_{мин}$до $R_{мак}$ при полученной скорости:

$$R_{ср} = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2{,}3 \lg \frac{R_{\max}}{R_{\min}}} = \frac{0{,}138 - 0{,}065}{2{,}3 \lg \frac{0{,}138}{0{,}065}} = 0{,}097 \text{м}.$$

Минимальный диаметр жировых шариков:

$$d_{мин} = \frac{2{,}93}{680} \sqrt{\frac{18 \cdot 0{,}000164}{628^2 \cdot 0{,}097 \cdot 2900 \cdot 35}} = 0{,}875 \text{мк}.$$

Как видно, теоретически барабан может выделять до 0,9 мк, создавая высокую остроту сепарирования.

Практическое занятие. Определить ориентировочную производительность сепаратора высокожирных сливок по следующим данным: скорость барабана n = 7200 мин$^{-1}$, максимальный расчетный радиус тарелки $R_{мак}$ = 108 мм, минимальный радиус $R_{мин}$=55 мм, угол наклона образующей конуса α= 55°, число тарелок z = 80, минимальный диаметр выделяемой частицы жира d=1,0 мк, температура сепарируемых сливок t = 82° С, жирность сливок $C_{нач}$ = 35 %, жирность получаемых сливок $C_{кон}$ = 83%. Технологический к. п. д. сепаратора β= 0,65.

Решение. Определяем производительность сепаратора при выделении сливок из молока температурой в 35 °Спри угловой скорости барабана 753 с$^{-1}$:

$$V_t = 121 \cdot 10^4 \cdot \beta \cdot \omega^2 \cdot z \cdot tg\alpha \left(R_{\max}^3 - R_{\min}^3\right) \cdot t \cdot d =$$
$$= 121 \cdot 10^4 \cdot 0{,}65 \cdot 753^2 \cdot 80 \cdot 1{,}43 \cdot \left(0{,}108^3 - 0{,}055^3\right) \cdot 35 \cdot 11 \cdot 10^{-12} = 1{,}94 \text{ м}^3/\text{с}.$$

где t – температура молока, °С.

Производительность сепаратора при выделении высокожирных сливок по исходному сырью (сливки жирностью 35 %):

$$V_c = \frac{0{,}2 V_t}{\lg \frac{C_{мах} - C_{нач}}{C_{мах} - C_{кон}}} = \frac{0{,}2 \cdot 1{,}94}{\lg \frac{90 - 35}{90 - 83}} = 0{,}436 \text{ м}^3/\text{с}.$$

где $C_{мак}$ – максимально возможная жирность, % ($C_{мак}$=90 %); $C_{нач}$– жирность исходных сливок, %; $C_{кон}$ – жирность высокожирных сливок, %.

Производительность по высокожирным сливкам:

$$V_{жсс} = V_c \frac{C_{нач} - C_м}{C_{кон} - C_м} = \frac{35 - 0{,}05}{83 - 0{,}05} = 0{,}19 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Получено значение близко к паспортной производительности сепаратора ОСД-М, равной 200 кг. масла в час.

6.3 Гомогенизация молока

Диаметр жировых шариков молока колеблется от 0,1 до 16 мкм. Чем крупнее шарики, тем быстрее они всплывают. Для обработки молока и сливок с целью предотвращения их расслаивания при хранении применяют гомогенизацию. *Гомогенизация молока* – дробление (диспергирование) жировых шариков до размеров, затрудняющих естественный отстой жира в молоке. Впервые была предложена во Франции в конце XIX в. при производстве маргарина.

Гомогенизаторы клапанного типа применяют для обработки молока и сливок. Они бывают одно- или двухступенчатыми.

Гомогенизаторы-пластификаторы роторного типа применяют для изменения консистенции плавленых сыров и сливочного масла. Гомогенизированное молоко обладает более выраженным

Репозиторий БГАТУ

запахом вследствие увеличения поверхности жировых шариков, повышается перевариваемость молока.

Гомогенизатор клапанного типа работает следующим образом. Под большим давлением гомогенизируемая жидкость нагнетается в клапан 1 (рис. 6.7), преодолевая сопротивление пружины 2 поднимет клапан 4 и с большой скоростью движется через узкую щель между клапаном и седлом 5. Высота клапанной щели не превышает 0,1 мм, а скорость молока достигает 150…200 м/с. Давление в потоке резко падает, попавшая в такой поток капля жира вытягивается, а затем дробиться на более мелкие капли-частички.

Гомогенизатор с двойным дросселированием, в котором жидкость последовательно проходит две рабочие головки показан на рис. 6.8.

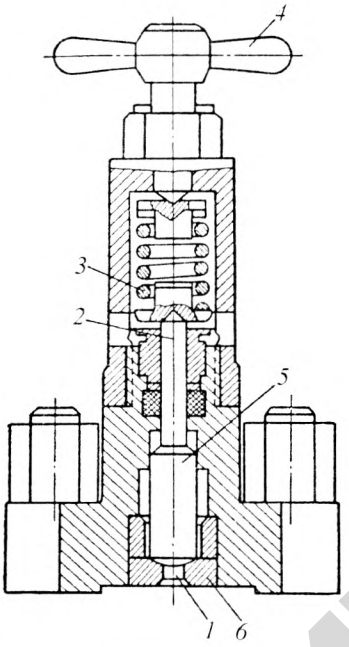


Рисунок 6.7 - Схема гомогенизирующей головки: 1-канал; 2-стержень; 3-пружина; 4-регули-ровочный винт; 5-клапан; 6-седло клапана

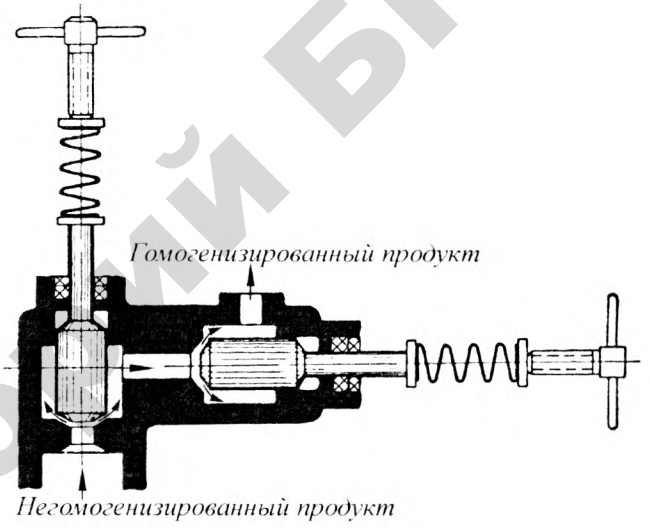


Рисунок 6.8 - Схема двухступенчатой гомогенизации

Применение двухступенчатой гомогенизации обусловлено тем, что после гомогенизации на первой ступени наблюдается слипание диспергированных частиц и образование «гроздьев», ухудшающих эффект диспергирования. На второй ступени происходит раздробление этих, сравнительно неустойчивых, образований. Для этого требуется меньшее механическое воздействие, поэтому перепад давлений во второй ступени значительно меньше, чем на первой.

Характерным показателем режима гомогенизации является давление, которое достигает 15…25 МПа. Во время гомогенизации жир должен находиться в жидком состоянии, поэтому гомогенизируемую жидкость подогревают до температуры 50…60°С и более.

Репозиторий БГАТУ

6.4 Насосы для транспортировки молока

6.4.1 Классификация и процесс работы центробежного насоса

Для перемещения молока и молочных продуктов по трубам применяют центробежные и роторные насосы.

Преимущества центробежных насосов: компактность, простота устройства, легкость сборки и разборки, доступность мойки, привод осуществляется непосредственно от вала электродвигателя. Однако правильная эксплуатация центробежных насосов возможна только под уровнем залива молока, хотя они могут создавать такую же высоту всасывания, как и поршневые насосы. Но при этом воздух, проникающий в систему, вызывает сильное вспенивание жидкости. Кроме того, центробежные насосы имеют низкий . кпд. (0,4…0,7). В насосах, в которых нет направляющих, $\eta_{об}$ = 0,2…0,4.

Применяют *лопастные и дисковые центробежные насосы*.

Лопастные центробежные насосы делят на однолопастные с прямыми лопатками и многолопастные с лопатками, загнутыми назад (рис. 6.9).

Многолопастные центробежные насосы имеют более высокий коэффициент полезного действия; их применяют для нагнетания жидкости на относительно небольшую высоту. Напор, создаваемый ими, не превышает 5…10 м.

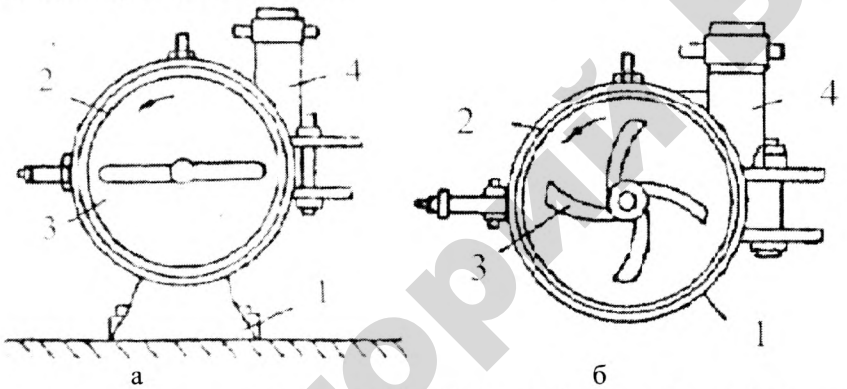


Рисунок 6.9 - Лопастной центробежный насос:
а – однолопастной; *б* – многолопастной;
1 – станина; 2 – камера насоса; 3 – рабочее колесо (лопасть); 4 – патрубок для выхода молока

В тех случаях, когда необходимо преодолеть относительно большое сопротивление, для транспортировки молока применяют также *одноступенчатые и двухступенчатые дисковые центробежные насосы* (рис. 6.10).

Создаваемый ими напор достигает 30 м и более. Коэффициент полезного действия дисковых насосов выше, чем у лопастных и колеблется в пределах 0,3…0,5.

Центробежные насосы работают следующим образом. Через патрубок 11 молоко поступает в камеру насоса 2, где оно приобретает вращательное движение от рабочего колеса или лопастей 3. Рабочее колесо (лопасть) совершает в минуту 1000…3000 оборотов. Под действием центробежной силы молоко вытесняется в нагнетательный трубопровод, соединенный с камерой 2 через патрубок 4.

Центробежные насосы применяют главным образом для перекачивания молока и таких маловязких молочных продуктов, как обезжиренное молоко, пахта, сыворотка. Однако их можно использовать и для транспортировки более вязких продуктов – сгущенного, цельного и обезжиренного молока без сахара и в тех случаях, когда интенсивное перемешивание продукта в насосе не отражается на его качестве.

Репозиторий БГАТУ

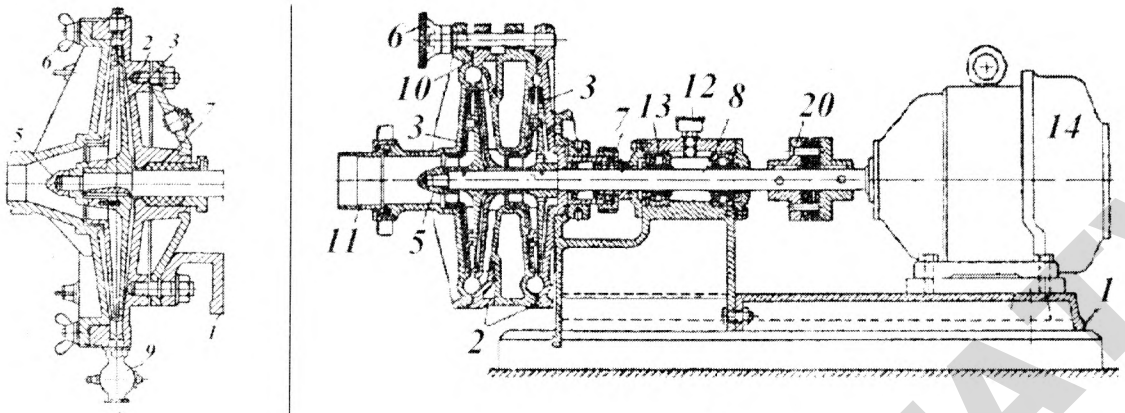


Рисунок 6.10 - Дисковые центробежные насосы:
а – одноступенчатый дисковый; *б* – двухступенчатый дисковый;
1 – станина; 2 – камера насоса; 3 – рабочее колесо (лопасть); 4 – патрубок для выхода молока;
5 – гайка рабочего колеса; 6 – прижимные барашки; 7 – сальник; 8 – вал; 9 – краник;
10 – резиновая прокладка; 11 – патрубок для входа молока; 12 – масленка; 13 – подшипники;
14 – электродвигатель;15 – крышка; 16 – втулка; 17 – клапан; 18 – ограничитель;
19 – прокладка; 20 – муфта соединительная

6.4.2 Расчет центробежного насоса

На рис. 6.11 показан один из каналов рабочего колеса, ограниченного с обеих сторон лопатками. Жидкость поступает в канал по всасывающей трубе со скоростью . Безударный вход ее обеспечивается при соблюдении условия, что скорость движения жидкости на входе не изменяется ни по величине, ни по направлению.

Из канала рабочего колеса жидкость выходит со скоростью ω_2 (относительно рабочего колеса). Абсолютная скорость выхода c_2 находится как диагональ параллелограмма.

Весьма существенным для центробежных насосов является правильный выбор числа лопаток насоса. Наивыгоднейшее число лопаток, расположенных под углом к радиусу рабочего колеса, можно определить по формуле Пфлейдерера:

$$z_л = 2K' \frac{r_T}{l_{ср}} \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}, \tag{6.31}$$

где r_T – радиус центра тяжести средней линии лопатки, м; $l_{ср}$ – длина средней линии, м; $\beta_1 + \beta_2$ – углы наклона лопаток при входе и выходе жидкости, град; K' – коэффициент, равный 6,5.

Для радиальных лопаток

$$z_л = 6,5 \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}, \tag{6.32}$$

где D_2, D_1 – наружный и внутренний диаметры рабочего колеса, м.

С увеличением числа лопаток по сравнению с расчетным, уменьшается коэффициент полезного действия насоса. С уменьшением же напора наблюдается кавитация, при которой весьма вероятно изменение качества продукта, и в частности степени дисперсности жировой фазы.

Между параметрами центробежного насоса существует зависимость:

Репозиторий БГАТУ

$$b_1(\tau D_1 - \delta z_л)v_1\eta_{ob} = b_2(\tau D_2 - \delta_л z_л)v_2\eta_{ob}\ , \qquad (6.33)$$

гдеb_1 – ширина колеса на внутренней его окружности, м; b_2– ширина колеса на внешней его окружности, м; $\delta_л$ – толщина лопаток колеса, м; $z_л$ – число лопаток в рабочем колесе, шт; v_1, v_2 – соответственно, скорость движения жидкости на внутренней и внешней стороне диска, м/мин; $\eta_{об}$– объемный к.п.д. насоса, $\eta_{об}$= (0,6…0,8).

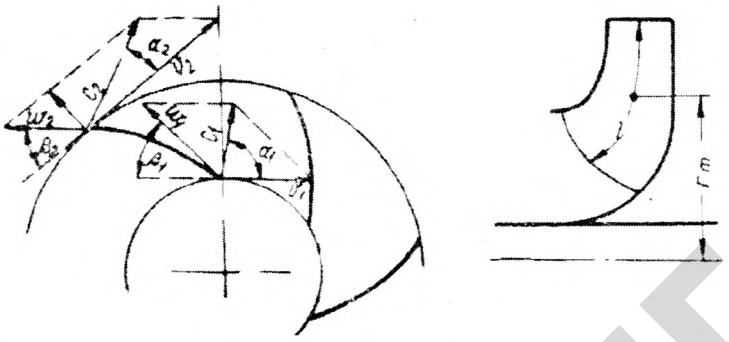


Рисунок 6.11 - К расчету скорости центробежного насоса

При радиальном расположении лопаток

$$v_1 = c_1 \sin\alpha_1 \qquad \text{и} \qquad v_2 = c_2 \sin\alpha_2\ , \qquad (6.34)$$

где α_1, α_2 – угол между касательной и векторами составляющих скоростей c_1 и c_2 при отрыве жидкости от диска, град.

Скорость c_1 принимают равной скорости жидкости во всасывающем трубопроводе.

Напор $H_н$, создаваемый насосами, определяют по следующей формуле

$$\omega_2 c_2 cos\alpha_2 = \frac{V_{ж}\, H_н}{\eta_r}\ , \qquad (6.35)$$

где η_r – гидравлический к.п.д.; $V_{ж}$ – количество жидкости, подаваемой в секунду, м^3/с; $H_н$– высота подъема жидкости, м.

Практически создаваемый напор определяют по формуле

$$H_н = \varphi_H \frac{v_{ок}}{2g}\ , \qquad (6.36)$$

где $v_{ок}$ – окружная скорость рабочего колеса, м/с; φ_H – коэффициент напора $\varphi_н$ = (0,8…0,9).

Между производительностью, высотой подачи жидкости, потребляемой мощностью и числом оборотов существует следующая зависимость:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2};\quad \frac{H_{н1}}{H_{н2}} = \frac{n^2_1}{n^2_2};\quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}. \qquad (6.37)$$

Критическое число оборотов рассчитывают по формуле

$$n_{кр} = \frac{30}{\pi} 4,76 \sqrt{\frac{EI_в g}{m_в l_в^3}}\ , \qquad (6.38)$$

где E – модуль упругости материала, из которого изготовлен вал, кг/см^3; $m_в$ – масса единицы длины вала, кг; $l_в$– длина вала, м; $I_в$–момент инерции вала, кг м/с^2; g – ускорение силы тяжести, м/с^2.

Репозиторий БГАТУ

При увеличении напора или с целью повышения производительности приходится изменять число оборотов рабочего колеса центробежного насоса. При этом необходимо проверять критическое число оборотов рабочего колеса, особенно в многоступенчатых насосах. Фактические обороты не должны сближаться с критическими.

6.4.3 Роторные насосы

Роторные насосы предназначены для перемещения как маловязких, так и высоковязких молочных продуктов. Их разделяют на шиберные, к которым можно отнести самовсасывающие насосы, зубчатые и винтовые.

Основными частями *шиберных насосов* (рис. 6.12) является ротор 1, корпус 2 и замыкатели 3. Ротор приводится в движение от ведущего вала, корпус обычно неподвижен и имеет приемную 4 и напорную 5 камеры.

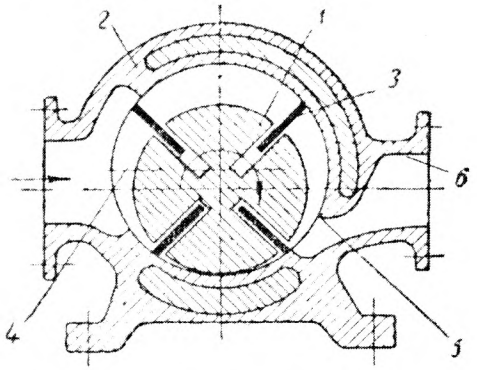


Рисунок 6.12 - Шиберный роторный насос:
1 – ротор; 2 – корпус; 3 – замыкатель; 4 – приемная камера; 5 – напорная камера; 6 – патрубок для выхода молока

Замыкателями являются лопатки, выдвигающиеся из радиальных прорезов. Вращающийся ротор установлен эксцентрично по отношению к неподвижному корпусу, в результате смещения ротора обеспечивается рабочий процесс. Ротор шиберных насосов совершает 400…1000 мин$^{-1}$. В зависимости от направления вращения ротора направление движения жидкости в насосе может изменяться. Шиберные насосы применяют для перемещения молока, пахты, сгущенного молока, сливок.

Самовсасывающие (типа водокольцевых) насосы (рис. 6.13) применят для перемещения сыворотки, пахты, молока. Рабочий орган самовсасывающего насоса выполнен в виде ротора 1 с прямыми лопатками, установленного эксцентрично к корпусу 2. Перед первым пуском камеру 4 насоса через воронку 7 заливают жидкостью. При небольших перерывах в работе жидкость из насоса можно не удалять и не требуется повторного залива. Этим они отличаются от центробежных насосов.

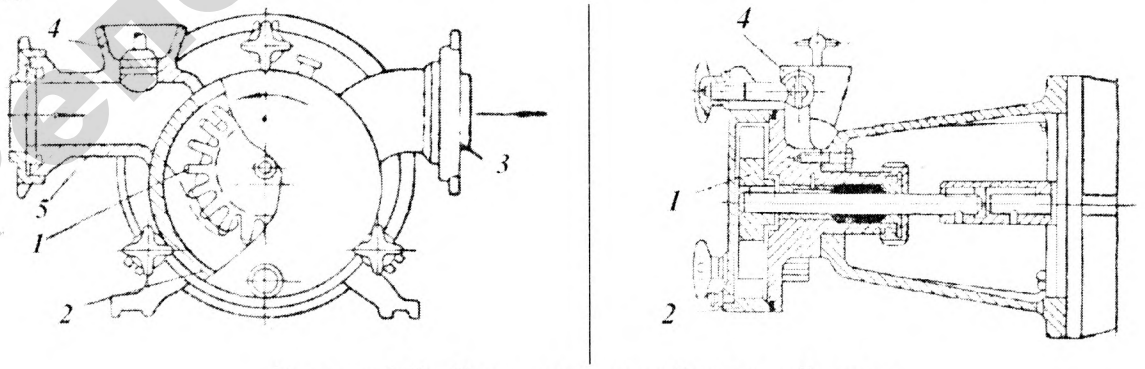


Рисунок 6.13 - Самовсасывающий роторный насос:

Репозиторий БГАТУ

1 – ротор; 2 – корпус; 3 – замыкатель; 4 – приемная камера; 5 – напорная камера; 6 – патрубок для выхода молока; 7 – воронка для заполнения насоса молоком; 8 – патрубок для входа молока

При вращении рабочего колеса жидкость под действием центробежной силы отбрасывается к стенкам корпуса и образует жидкостное кольцо. При вращении лопасти рабочего колеса поочередно погружаются в жидкостное кольцо, в зависимости от местоположения, и выходят из него. В результате, в пространстве между лопастями создается разрежение или сжатие. Та сторона, на которой создается разряжение, является всасывающей и здесь расположено всасывающие отверстие, на противоположной стороне – нагнетательное.

В начале работы насос откачивает воздух из всасывающей трубы, в результате чего обеспечивается поступление жидкости. Поэтому, например, при опорожнении фляг, удается отсасывать все молоко, так как при попадании воздуха в трубопровод поток молока не прерывается.

Самовсасывающий насос производительностью 13 $м^3$/час даже при температуре 80 ^{0}С может всасывать молоко на высоту 3 м и создавать напор 9…11 мм.вод. ст.

Зубчатые насосы называют также коловратными или шестеренчатыми. Их применяют главным образом для перекачивания цельного и обезжиренного молока, пахты, сыворотки, а также сливок и сгущенного молока. *Различают зубчатые насосы* с внешним и внутренним зацеплением. Зубчатый насос *с внешним зацеплением* (рис. 6.14) работает следующим образом. Ведущая шестерня 3, вращаясь против часовой стрелки, передает движение ведомой шестерне 4, которая вращается по часовой стрелке.

Около всасывающего патрубка зубья одной шестерни выходят из зацепления с другой, создавая вакуум, и происходит всасывание жидкости. Жидкость в полостях между зубьями шестерен передается к нагнетательному патрубку. Здесь зубья шестерен начинают приходить в зацепление и жидкость вытесняется в нагнетательную линию.

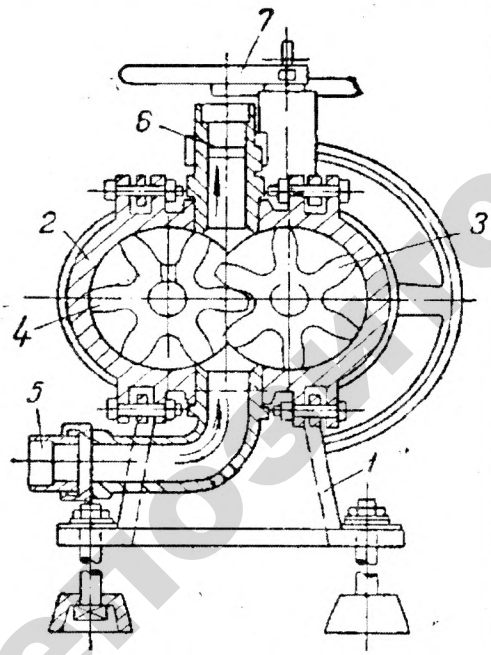


Рисунок 6.14 - Роторный зубчатый насос с внешним зацеплением:
1 – станина; 2 – корпус; 3 – ведущая шестерня; 4 – ведомая шестерня;
5 – всасывающий патрубок; 6 – нагнетательный патрубок; 7 – отводка ремня

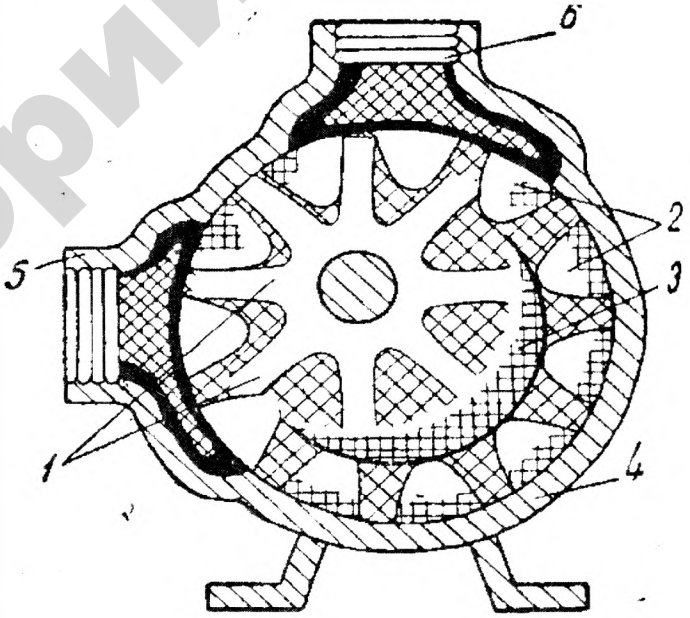


Рисунок 6.15 - Роторный насос с зубчатый с внутренним зацеплением:
1 – зубчатое колесо; 2 – зубчатый диск; 3 – серповидный вкладыш; 4 – корпус насоса; 5 – всасывающий патрубок; 6 – нагнетательный патрубок

Репозиторий БГАТУ

У насоса с *внутренним зацеплением* (рис. 6.15) ведущим является зубчатый диск 2. Вращаясь, он приводит в движение внутренне зубчатое колесо 1. При этом жидкость из всасывающего патрубка 5 поступает в пространство между зубьями шестерен и перемещается ими к нагнетательному патрубку. В результате зацепления шестерен жидкость вытесняется в нагнетательный патрубок 6.

Таков же принцип работы насосов у которых ведущим колесом является внутренняя зубчатка. Серповидный вкладыш 3 может быть съемным или вмонтированным в крышку насоса. Он предотвращает обратное движение жидкости, смещение шестерни и облегчает сборку насоса. При нарушении гладкой поверхности зубьев или неточном изготовлении их происходит зажим жидкости при сцеплении зубьев, что может привести к аварии. Чтобы избежать этого, в некоторых насосах во впадинах между зубьями шестерен имеются специальные каналы для отвода зажатой жидкости. Число оборотов шестерни от 200…400 до 1200…1400 мин$^{-1}$, к.п.д. – 0,6…0,75.

Зубчатые насосы применяют преимущественно для нагнетания. В зависимости от направления вращения шестерен они могут нагнетать жидкость в двух направлениях. Высота нагнетания может достигать 200…250 мм вод.ст.

По принципу действия к зубчатым насосам примыкают *винтовые насосы* (рис. 6.16). Винтовая нарезка ведомого винта 2 имеет направление, противоположное винтовой нарезке ведущего винта 1. Всасывающие отверстия расположены по концам корпуса, а нагнетательные – в середине. В результате симметричного расположения обеих пар винтов роторы разгружены от осевых сил.

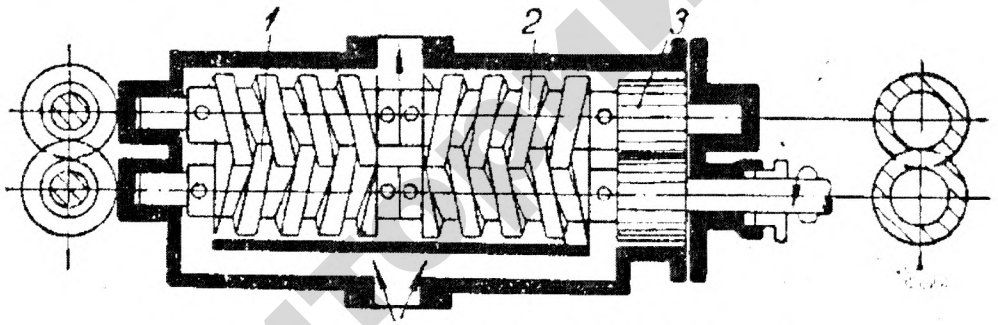


Рисунок 6.16 - Винтовой роторный насос:
1 – ведущий винт; 2 – ведомый винт; 3 – шестерни

Аналогично устроен трехвинтовой насос. В нем ведущий винт расположен между двумя ведомыми, вследствие чего почти в 1,5 раза увеличивается количество подаваемой жидкости. Число оборотов винтовых насосов может достигать 10 000 в минуту, развиваемое ими давление составляет 200 атм. и количество подаваемой жидкости от 3 до 300 м^3/ч.

6.4.4 Основы расчета роторного насоса

Объемную производительность *шиберного* насоса определяют по формуле

$$V_н = 2l_n e n_n (\pi D_ц - \delta_n z_{пл}) 60 , \qquad (6.39)$$

где l_n – длина поршня, м; e – относительное смещение поршня и цилиндра, м; n_n – число оборотов поршня в минуту. Число оборотов поршня выбирают, исходя из допустимой (окружной) скорости

Репозиторий БГАТУ

ротора, которая не должна превышать 12…15 м/с; $D_ц$ – внутренний диаметр цилиндра, м; $z_{пл}$ – число пластин, шт; $\delta_п$ – толщина пластин, м.

Объем подачи *самовсасывающих* насосов подсчитывают по формуле

$$V_н = \left\{ \frac{\pi}{4} \left[(D_a - h_л)^2 - D_ц^2 \right] - z_{лоп}(l_1 - a)\delta_п \right\} b_л \frac{\pi}{60} \eta_{об}, \qquad (6.40)$$

где D_a – диаметр ротора с лопастями, м; $h_л$ – глубина погружения лопастей в нижней части жидкостного кольца, м; $z_{лоп}$ – число лопастей, шт; l_1– длина лопастей, м; $b_л$ – ширина лопастей в осевом направлении, м; $\eta_{об}$ – объемный к.п.д. Для насосов с жидкостным кольцом $\eta_{об}$ = 0,32…0,4.

Объемную производительность *зубчатого насоса с внешним зацеплением* с достаточной для практики точностью можно определить по формуле

$$V_н = 2\pi 60 D_H m_з b_ш n_ш \eta_{об}, \qquad (6.41)$$

где $D_н$– диаметр начальной окружности шестерен, м; $m_з$ – модуль зацепления, м; $b_ш$ – ширина шестерен, м; $n_ш$ – число оборотов шестерен в минуту; $\eta_{об}$ – объемный к.п.д. ($\eta_{об}$ = 0,7…0,8).

Объемную производительность *зубчатого насоса с внутренним зацеплением* рекомендуется определять по формуле

$$V_н = b_ш \frac{\omega_1}{2} \left[2r_{1ш}(h_{B1} + h_{B2}) + h_{B1}^2 - \frac{r_{1ш}}{r_{2ш}} h_{B2}^2 - \left(1 - \frac{r_{1ш}}{r_{2ш}} \right) \frac{l_3^2}{12} \right] \eta_{об}, \qquad (6.42)$$

где ω_1 – угловая скорость ведущей шестерни, с$^{-1}$; $r_{1ш}$ – радиус начальной окружности ведущей шестерни, м; $r_{2ш}$ – радиус начальной окружности ведомой шестерни, м; h_{B1} – высота головок ведущей шестерни, м; h_{B2} – высота головок ведомой шестерни, м; l_3 – половина длины линии зацепления, м; $\eta_{об}$ – объемный к.п.д. насоса.

Объемную производительность *двухвинтового роторного н*асоса приближенно можно подсчитать по формуле

$$V_н = \frac{3\pi t_в n_в}{16} (D_в^2 - d_в^2), \qquad (6.43)$$

где $t_в$– шаг винта, м; $D_в$– внешний диаметр винта, м; $d_в$– внутренний диаметр винта, м;

Теоретическую производительность *трехвинтового насоса с циклоидальным профилем* определяют по формуле

$$V_н = 4 n_в d_н^3, \qquad (6.44)$$

где $d_н$ – основной диаметр винтов (наружного ведомого винта), м; $n_в$– число оборотов винтов в минуту.

Мощность, необходимую для работы насосов, исходя из производительности $V_н$, высоты подачи жидкости H и суммы инерционных сил, сопротивления трения и местных сопротивлений определяют по формуле

$$N_н = \frac{V_н (H + h_0)}{3600 \gamma_м}, \qquad (6.45)$$

Репозиторий БГАТУ

где γ_i – механический коэффициент полезного действия.

Правильная работа насосов возможна при условии непрерывности потока жидкости на всех участках ее перемещения. Разрывы потока не только нарушают работу насосов, но и вызывают ухудшение качества продуктов, перемещаемых через насосную систему. Вследствие разрыва потока наблюдается сильное пенообразование, что нежелательно, так как изменяются жировая и белковая части молочных продуктов; возможно одновременное как укрупнение, так и раздробление жировых и белковых частиц.

Неразрывность потока обеспечивается при условии:

$$\frac{p_{пр}}{\gamma} \geq \frac{p_0}{\gamma} - l_{ж} - \frac{\upsilon^2_{жит}}{2g} - h_0 \quad , \tag{6.46}$$

где $p_{пр}$ – предельное давление, соответствующее кипению жидкости при рассматриваемых температурах; мм вод.ст.; p_0 – давление жидкости на участке нулевой отметки (обычно наибольшее), мм вод. ст.; $l_{ж}$ – высота столба жидкости, м; $v_{жит}$ – скорость потока, м/с; h_0 – гидравлические сопротивления на пути от нулевой отметки на выходе патрубка.

Разрыв потока возможен как на всасывающей линии, так и на нагнетательной. Однако, большая вероятность разрыва его на всасывающей линии. Поэтому должно соблюдаться соотношение:

$$H_{ВС} \leq P_{атм} - h_t - \sum h_c - h_{кав} \quad , \tag{6.47}$$

где $P_{атм}$ – атмосферное давление, мм вод.ст.; h_t – давление насыщенного пара всасываемой жидкости, мм вод. ст.; $\sum h_c$ – гидравлические сопротивления, включая напор на сообщение скорости потоку жидкости, мм вод. ст.; $h_{кав}$ – поправка на кавитацию (уменьшение высоты всасывания во избежание кавитации), зависящая от производительности V и числа оборотов n насоса.

Для центробежного насоса:

$$h_{кав} = 0,00125(V_н n_p^2)^{0.67} \quad .(6.48)$$

Герметичность всех соединений насоса (особенно на всасывающей стороне) – крайне важное условие его работы.

Репозиторий БГАТУ

7 ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УБОРКИ И ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА

7.1 Свойства навоза

В системе мер по повышению плодородия почвы важнейшее место отводится органическим удобрениям и, в частности, навозу. Это связано с тем, что навоз не только обогащает пахотный слой питательными веществами и улучшает свойства почвы, но и создает благоприятные условия минерального питания растений.

По ГОСТ 20432-83 навоз определяется как «смесь твердых и жидких экскрементов сельскохозяйственных животных с добавкой воды или без нее».

Важность бесподстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС) зависит от вида, возраста и пола животных, способов их содержания, кормления.

При формировании технологий утилизации навоза в зависимости от относительной влажности навоза, т.е. от количества содержащейся в нем воды, навоз условно разделяют на твердый (подстилочный), полужидкий (бесподстилочный) и жидкий. Если влажность навозной массы выше 97%, то такую массу называют навозными стоками. Классификация навоза по влажности представлена в табл.7.1.

Таблица 7.1 - Классификация навоза по влажности

Вид навоза	Относительная влажность, %	Содержание сухого вещества, %
Твердый	До 85	Более 15
Полужидкий	85…92	8…15
Жидкий	92…97	3…8
Навозные стоки	Более 97	До 3

Плотность жидкого навоза при различных типах содержания и кормления КРС и изменении влажности от 84 до 94 % составила 993...1300 кг/м^3, сухого вещества -1250 кг/м^3 и 1280...1350 кг/м^3.

Результаты исследований плотности бесподстилочного навоза, КРС представлены на рис. 7.1. Из графика следует, что плотность с увеличением температуры уменьшается, это изменение формализуется как $\rho_2 = \rho_1 / [1 + \beta(T_2 - T_1)]$, где ρ_2 - плотность навоза при конечной температуре T_1, кг/м^3; ρ_1- плотность навоза при начальной температуре T_2, кг/м^3; β - коэффициент объемного расширения, $\beta = 3{,}5 \cdot 10^{-4}$.

Уменьшение плотности с повышением температуры объясняется тем, что при нагревании навоза из него выделяется большое количество газов, плотность которых меньше плотности навоза.

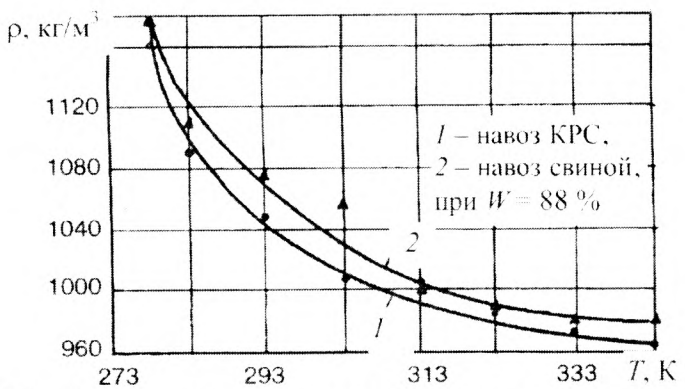


Рисунок 7.1 - Изменение плотности в зависимости от температуры навоза

Репозиторий БГАТУ

Влажность навоза является одним из основных факторов, на основе которого происходит выбор технологического решения по переработке и использованию навоза.

При изменении влажности с 86 до 90 % вязкость изменяется с 7,5 до 0,02 Па·с, напряжение сдвига с 239 до 2,0 Па.

Критическая влажность навоза КРС, при которой липкость принимает максимальное значение по данным С. В. Мельникова и других составляет 85 %. После трехмесячного хранения наибольшая липкость проявляется при влажности 60...75 %. Наибольшая липкость навоза проявляется при соприкосновении с поверхностью из дуба - 12,3 г/см^2 при влажности навоза 80,5 %, из сосны - 12,3 г/см^2 при - 82,7 %, из бетона - 8,6 г/см^2 при влажности навоза 80,5 %, из стали - 6,5 г/см^2 при влажности навоза 75,5 %.

Жидкий навоз, кроме питательных элементов и взвешенных частиц, содержит большое количество различных возбудителей болезней, часть которых способна заражать человека. Причем жидкий навоз является средой, благоприятной для длительного сохранения жизнестойкости и вирулентных свойств патогенных бактерий и вирусов.

В 1 т свежего навоза находится от 50 до 5 млн. семян сорняков, которые пройдя через желудочно-кишечный тракт животных, не теряют способность к прорастанию. Например, семена сорняков, выделенные с калом КРС, сохраняют всхожесть 26,4 %. Основная часть жизнеспособных семян сорных растений поступает в навоз с грубыми кормами и соломой, используемой на подстилку.

7.2 Переработка навоза

Основным процессом при переработке навоза, помета и использовании органических удобрений является процесс биоконверсии.

Биоконверсия-это превращение органических отходов с помощью живых организмов в вещества, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

Производственным циклом биоконверсии является вся совокупность технологических операций, прямо или косвенно связанных с биоконверсией, начиная от погрузки навоза, помёта в месте образования и заканчивая внесением органического удобрения в почву.

Производственный цикл биоконверсии отходов состоит из технологических операций, которые по характеру воздействия на исходный материал можно разделены на пять стадий: транспортировка навоза; переработка (биоконверсия) навоза; хранение; внесение органического удобрения в почву; вспомогательные операции.

Выбор машинной технологии для биоконверсии навоза с целью получения высокоэффективных продуктов в виде органических удобрений в каждом конкретном случае должен производиться на основе комплексной технико-экономической и экологической оценки всех операций, начиная с уборки навоза из мест содержания животных и заканчивая готовыми продуктами (органическим удобрением).

Основной задачей экологически безопасных технологий подготовки навоза к использованию является нарушение жизнедеятельности содержащихся в нем вредных биологических организмов (гельминтов, семян сорных растений, бактерий, вирусов и т. д.). Их гибель возможна в результате механического разрушения, нарушения нормального течения физиологических процессов или при естественной конкуренции в биоценозе.

7.2.1Технология переработки путем длительного выдерживания

Данная технология широко применяется в настоящее время в подавляющем большинстве хозяйств России. Согласно РД-АПК 1.10.15.02-08 в целях совмещения процессов карантинирования и выдерживания навоза количество секций хранилищ должно быть не менее 2. Хранилища делают заглубленными или наземными траншейного типа; они должны иметь ограждения, устройства для

Репозиторий БГАТУ

забора жидкого навоза насосами. Днища и откосы хранилищ должны иметь твердое гидроизоляционное покрытие. Существуют различные типы хранилищ: круглые сборные бетонные хранилища; цилиндрические хранилища с металлическим каркасом и специальной пленкой; лагуны с пленочным покрытием только дна и стенок или дна, стенок и поверхности навоза для защиты от ливневых осадков; металлические круглые хранилища (из эмалированных стальных листов). Применяемые типы хранилищ представлены на рис.7.2.

Условия применимости: влажность навоза от 90% и более, для железобетонных хранилищ траншейного типа – любая; в районах выпадения повышенного количества осадков при использовании данной технологии рекомендуется устройство хранилищ закрытого типа; для неразделенного бесподстилочного навоза обязательна установка в навозохранилищах устройств перемешивания; выдерживание свиного навоза - в течение 12 месяцев, навоза КРС и птичьего помета - 6 месяцев; выдерживание жидкой фракции свиного навоза в секционных прудах- накопителях: в весенне-летний период - в течение 6 месяцев, в период осеннего накопления - в течение 9 месяцев; выдерживание жидкой фракции навоза КРС - не менее 4 месяцев.

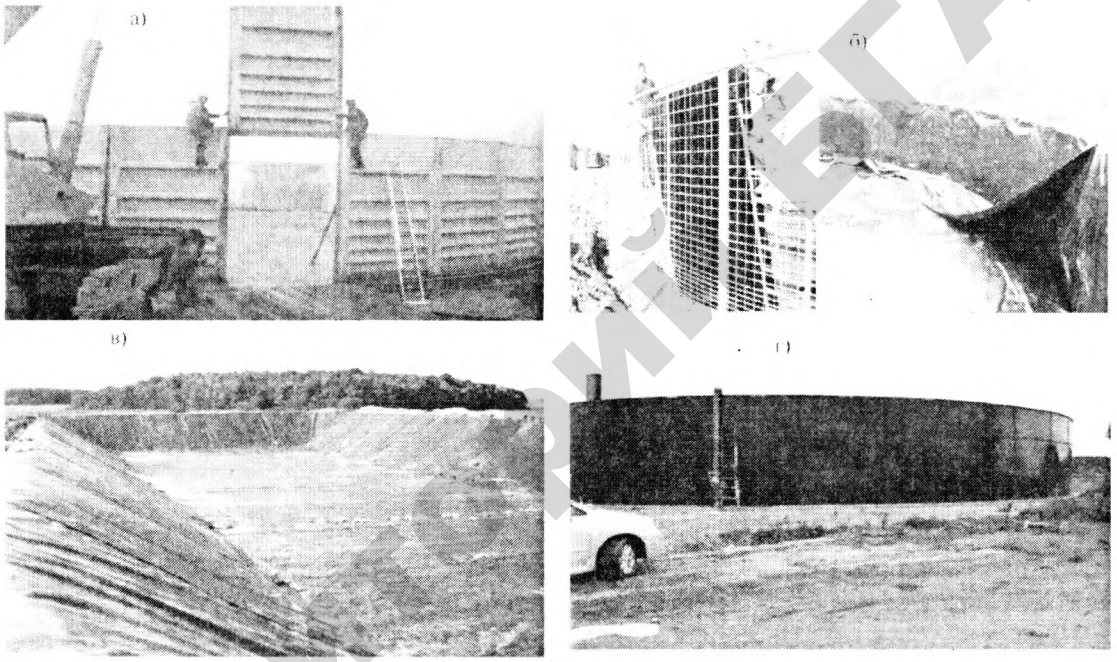


Рисунок 7.2 - Применяемые типы навозохранилищ:
а) круглое сборное бетонное хранилище; б) цилиндрические хранилища с металлическим каркасом и специальной плёнкой; в) лагуны с пленочным покрытием только дна или дна и поверхности навоза для защиты от ливневых осадков; г) металлические круглые хранилища (эмалированные стальные листы)

Технология переработки навоза методом длительного выдерживания с последующим внесением полученного органического удобрения в почву состоит из следующих операций: образование навоза; транспортировка и загрузка жидкого навоза; биоконверсия методом длительного выдерживания; выгрузка и транспортировка органического удобрения; внесение в почву.

Транспортировка навоза от животноводческого комплекса к навозохранилищу осуществляется мобильным или гидравлическим транспортом. В качестве мобильного транспорта могут выступать, например, трактора с герметичными бочками типа МЖТ, JOSKIN, ZUNHAMMER, Гарант, Самсон и др. или герметичными прицепами для транспортировки полужидкого навоза ППГ, НТС и др.

Репозиторий ВГАВМ

Для транспортирования навоза по трубопроводу используют погружные и горизонтальные насосы для жидкостей с посторонними включениями; насосы должны быть оборудованы измельчающими устройствами. Так же применяют мобильные насосные станции, работающие от ДВС или ВОМ трактора.

Выгрузка и транспортировка органического удобрения от места биоконверсии (навозохранилищ) до места внесения осуществляется мобильным и трубопроводным транспортом с использованием технических средств, как для транспортировки и загрузки хранилищ.

Технологии транспортировки с последующим внесением жидкого органического удобрения осуществляются по прямоточному, перевалочному и комбинированному вариантам.

По прямоточной технологии удобрения, накапливаемые в прифермских хранилищах, доставляют в поле и вносят в почву.

Прямоточная технология внесения цистернами включает в себя следующие основные операции: 1) гомогенизация удобрения (переработанного жидкого навоза) в навозохранилище; 2) загрузка в машину для внесения; 3) транспортирование в машине для внесения к месту использования; 4) гомогенизацию массы удобрений в емкости машины для внесения во время внесения в почву; 5) внесение.

По перегрузочной технологии удобрения, загруженные из прифермского хранилища в крупнотоннажные машины, доставляются к месту внесения, перегружают в полевые машины, которыми удобрение вносится.

Перегрузочная технология включает следующие технологические операции:1) гомогенизация удобрения (переработанного жидкого навоза) в навозохранилище; 2) загрузка транспортных средств; 3) транспортирование удобрений мобильными цистернами на поле; 4) перекачка в машины для внесения; 5) внесение удобрения в почву.

Перегрузочная технология внесения жидкого органического удобрения целесообразна при низкой несущей способности почвы, ограничениях на деформацию ее поверхностного слоя, значительное удаление мест (более 5 км) от навозохранилища, наличии в хозяйстве большегрузных транспортных средств, необходимости внесения с особыми требованиями к способу внесения (внутрипочвенное внесение, подкормка пропашных культур).

По перевалочной технологии удобрения из прифермских хранилищ периодически в течение года доставляют в полевые хранилища, из которых в благоприятные сроки вносятся в почву. Доставляют удобрения в полевые хранилища либо по трубопроводам, либо большегрузными цистернами, а вносят цистернами-разбрасывателями или по трубопроводной системе напуском.

Перевалочная технология включает в себя дополнительные операции, связанные с доставкой удобрений в полевое хранилище и их разгрузкой: 1) приготовление жидкого органического удобрения в прифермском навозохранилище с учетом требований трубопроводного транспорта по механическому составу включений; 2) забор и подача удобрений в трубопровод или загрузку транспортных средств; 3) транспортирование удобрения в полевое хранилище;4) гомогенизация удобрения в полевом хранилище; 5) разгрузка полевых хранилищ, подачу и распределение удобрения по полю.

Перевалочная технология внесения целесообразна на фермах и комплексах при удалении полей от прифермских навозохранилищ (более 5...7 км). Эта технология рекомендуется, когда нужно уменьшить объем прифермских навозохранилищ, сократить сроки внесения удобрений и улучшить санитарно- гигиеническое состояние на фермах. Емкость и количество полевых навозохранилищ определяются объемом образуемого навоза. Полевые навозохранилища рационально размещать у дорог и по возможности по середине массива удобряемых полей с таким расчетом, чтобы средний радиус перевозки машиной для внесения не превышал 2 км. Применение мобильных машин для заполнения полевых навозохранилищ рекомендуется при отсутствии в хозяйстве трубопроводного транспорта, а также при необходимости систематически освобождать центральное навозохранилище, вместимость которого не соответствует количеству образуемого на предприятии жидкого навоза. Полевые навозохранилища наполняют в период занятости полей посевами и зимой.

Репозиторий БГАТУ

По комбинированной технологии удобрения перекачивают по трубопроводным системам к полевым гидрантам и вносят машинами для внесения.

Комбинированная технология внесения включает следующие технологические операции: 1) приготовление навозной массы в навозохранилище; 2) транспортирование в поле по трубопроводу; 3) заправку емкостей машин для внесения через заправочные гидранты; 4) транспортировку к месту внесения; 5) гомогенизацию массы удобрений в емкости разбрасывателя;6) внесение; 7) промывку трубопроводной сети водой.

Комбинированную технологию для внесения жидкого органического удобрения целесообразно применять при получении навоза влажностью не ниже 94%, при годовом выходе более 25 тыс. $м^3$ и большом удалении массивов удобряемых площадей (более 7 км). Комбинированная технология предусматривает отрядную систему работы мобильных машин для внесения удобрений.

Применение передвижного заправочного гидранта снижает затраты на транспортировку и позволяет эффективно использовать мобильные машины для внесения малой грузоподъемности. На магистральном трубопроводе в зоне внесения навоза устанавливают раздаточные колонки или стояки для подключения мобильных заправочных гидрантов с интервалом 0,5...1 км. Применение заправочных колонок и гидрантов целесообразно при внесении в осеннее - весенний период (при температуре не ниже - 5°С).

Органические удобрения используют для внесения на лугах по многолетним травам, пастбищах, пашнях. Оборудование используется то же, что и при транспортировке к месту внесения.

Внесение твердого органического удобрения на поля осуществляется поверхностно под запашку. Внесение осуществляется специализированными машинами для внесения твердых органических удобрений (например, МТУ, МТТ, Титан, Joskin Tornadoи др.)

В зависимости от рабочих органов распределения удобрений различают два способа внесения полужидких и жидких органических удобрений:

- Поверхностное: внесение разбрызгиванием жидкого органического удобрения через отражатель; внесение жидкого органического удобрения через распределитель с системой навесных шлангов; внесение жидкого органического удобрения через распределитель с башмачной системой навесных шлангов.

- Внутрипочвенное: подача под давлением жидкого органического удобрения в открытые бороздки; подача под давлением жидкого органического удобрения в бороздки с последующим закрытием; внесение жидкого органического удобрения с применением культиватора.

В табл. 7.2 приведены основные преимущества и недостатки технологии длительного выдерживания.

Таблица 7.2 - Преимущества и недостатки технологии длительного выдерживания

Преимущества:	Недостатки:
- Широкий диапазон влажности навоза 85…97% - Технология содержит всего 5 этапов. - Отсутствие постоянного контроля квалифицированным персоналом за процессом переработки. - Простота конструкции навозохранилища.	- Большие объемы навозохранилищ (ферма КРС на 1000 голов - не менее 25000 $м^3$. - Большие сроки переработки (6…12 месяцев) - Большие капитальные затраты на строительство навозохранилищ (железобетонные и металлические хранилища - 2500 руб/$м^3$, пленочные лагуны - 1300 руб/$м^3$).

7.2.2 Технология пассивного компостирования в буртах

Технология основана на естественном биологическом обеззараживании навоза, помета в смеси с влагопоглощающими материалами либо без них.

Компостирование осуществляется на бетонированных площадках или специально подготовленных полевых площадках.

Репозиторий БГАТУ

Условием применимости технологии является: влажность навоза или компостной смеси не должна превышать 75%; соотношение углерода к азоту (C/N) в исходной смеси должно варьироваться в диапазоне не менее (15...20):1.

Технология биоконверсии навоза, помета методом пассивного компостирования в буртах состоит из следующих операций: образование навоза и выгрузка из животноводческих помещений; загрузка и транспортировка к месту переработки; временное накопление; смешивание с влагопоглащающими препаратами; закладка в бурты; биоконверсия методом пассивного компостирования; загрузка и транспортировка на поля; укладка в штабеля на полевых площадках; загрузка для внесениятвердого органического удобрения для внесения.

Загрузку полученного навозав мобильное транспортное средство (автомобиль, трактор и агрегатируемый с ним прицеп) выполняют либо при помощи фронтального погрузчика, либо посредством наклонного транспортера. Временное накопление навоза осуществляется на бетонированных или на специально подготовленных полевых площадках.

Для компостирования в качестве влагопоглощающего материала могут быть использованы торф, измельченная солома, опилки, древесная кора и т.д. Смешивание осуществляется на специально подготовленных полевых или бетонированных площадках фронтальным погрузчиком либо стационарной шнековой установкой.

Закладываемые бурты имеют следующую характеристику: ширина 4...5 м, высота 1,5...2 м. Длина не ограничена. Различают 2 способа компостирования: послойное и очаговое.

Отличительной особенностью послойного компостирования является чередование слоев торфа и навоза/помета. Сперва укладывают по всей ширине и длине бурта торф слоем до 50 см, который должен препятствовать просачиванию навоз/пометной жижи в грунт, затем слой навоза/помета. Так слои торфа и навоза/помета чередуют до тех пор, пока высота бурта не достигнет 1,5...2 м. Самый верхний слой бурта также кладут из торфа, чтобы уменьшить улетучивание аммиачного азота навоза/помета. Толщина слоев компонентов этих компостов зависит от соотношения взятых навоза/помета и торфа. Так, при соотношении в компосте навоза/помета и торфа 1:1 толщина слоев их в бурте может быть по 25...30 см. Чем больше используется торфа, тем толще должны быть слои его по сравнению с навозом/пометом.

При очаговом компостировании навоз/помет размещают сплошь или прерывисто внутри бурта торфа. При этом сначала укладывают торф слоем 50…60 см, затем сверху вдоль и посередине всего бурта слой навоза/помета толщиной 70…80 см и шириной на 1,0…1,5 м уже нижнего слоя торфа. При недостатке навоза/помета или использовании бесподстилочного жидкого навоза, его лучше располагать в бурте торфа в виде отдельных прерывистых очажков, которые сверху и со всех сторон обкладывают торфом слоем 50…70 см. Очаговое компостирование навоз/помета и торфа целесообразно для районов с холодной зимой (для зимнего компостирования), когда возможно размерзание бурта. При таком компостировании в течение зимы температура внутри бурта не опускается ниже 25…30°С.

Бурт из смеси навоза, помета с влагопоглощающим материалом в зимний период закладывают в 1…2 дня, по возможности во время оттепели. В летнее время бурт торфо-навозного компоста укладывают фронтальным погрузчиком.

При этом на удобряемое поле автосамосвалами и тракторными прицепами подвозят торф и сгружают в ряд кучами на расстоянии 5 м одна от другой. Затем подвозят навоз/помет и сгружают его между кучами торфа. На площадке размещают три таких ряда. После этого бульдозером или фронтальным погрузчиком сдвигают два крайних ряда к среднему, перемешивают всю массу в двух противоположных направлениях и укладывают бурт.

Процесс переработки методом пассивного компостирования происходит путем выдерживания смеси, состоящей из навоза/помета и влагопоглащающих материалов, в буртах.

Степень биоконверсии определяют: по отсутствию или гибели возбудителей паразитных болезней; по гибели индикаторных микроорганизмов в 10 $см^3$ пробы навоза, контаминированного малоустойчивыми возбудителями болезней, возбудителей повышенной устойчивости, спорообразующей микрофлоры.

Репозиторий БГАТУ

Время компостирования составляет: зимой - 3 месяца, летом - 2 месяца.

Более высококачественные торфо-навозные компосты получают при добавлении к ним при формировании бурта фосфоритной муки (15…30 кг на 1 т компостируемого материала).

Полученное методом пассивного компостирования в буртах удобрение выгружают из буртов на предварительно подготовленные полевые или бетонные площадки, а затем для хранения укладывают в штабеля. Готовый штабель имеет высоту 3 метра и ширину 6 метров, длина его произвольная. Загрузка полученного органического удобрения в специализированные машины, предназначенные для внесения (например, ПРТ-7А, МТТ-9, МТУ-15) осуществляют фронтальным погрузчиком.

Внесения на поля осуществляется поверхностно под запашку. Внесение осуществляется весной и осенью.

Преимущества и недостатки технологии пассивного компостирования представлены в табл.7.3.

Таблица 7.3 - Преимущества и недостатки технологии пассивного компостирования

Преимущества:	**Недостатки:**
- Широкий диапазон влажности исходного навоза (при использовании влагопоглощающих материалов) 60…92%. - Низкие требования к квалификации работников. - Простота конструкции площадок компостирования. - Относительно небольшие капитальные вложения.	- Длительное время переработки 2…6 месяцев; - Неравномерность созревания компоста; - Зависимость процесса компостирования от погодных условий; - Повышенный риск утечек загрязненных стоков в дождливый период и весенних паводков.

7.2.3 Технология активного компостирования в буртах

Технология предназначена для переработки твердого навоза/помета либо в смеси с влагопоглощающими материалами либо без них на гидроизолированных площадках.

Активное компостирование навоза с влагопоглощающим материалом в буртах на открытой площадке осуществляется в течение 40 дней с трехкратной аэрацией бурта через каждые 9 дней с момента окончания формирования бурта.

Условием применимости технологии является: влажность навоза, помета или компостной смеси не должна превышать 75%; соотношение углерода к азоту (C/N) в исходной смеси должно варьироваться в диапазоне не менее (15...20):1; наличие твердой гидроизолированной площадки для маневрирования техники, осуществляющей аэрацию.

Технология переработки навоза методом активного компостирования в буртах включает в себя: образование навоза и выгрузка его из животноводческого помещения; загрузка, транспортировка и выгрузка к месту переработки; временное накопление; смешивание с влагопоглащающими материалами; закладка в бурты; биоконверсия методом активного компостирования; загрузка и транспортировка в поля; укладка в штабеля на полевых площадках; загрузка твердого органического удобрения для внесения; внесение твердого органического удобрения.

Активное компостирование в буртах осуществляется методом искусственной аэрации. Аэрация позволяет насыщать кислородом смесь, что приводит к снижению срока компостирования. Для механизации процесса используют специальные машины для аэрации буртов. Аэрация буртов проводится периодически, минимум 3 раза в течение 40 дней. Для еще большего ускорения процесса компостирования возможно применение различных биологических препаратов, повышающих скорость процесса. Срок биоконверсии методом активного компостирования не превышает 1...1,5 месяца.

Репозиторий БГАТУ

Для механизации процесса аэрирования буртов используются специальные машины, примеры машин для аэрации буртов представлены на рис.7.3.

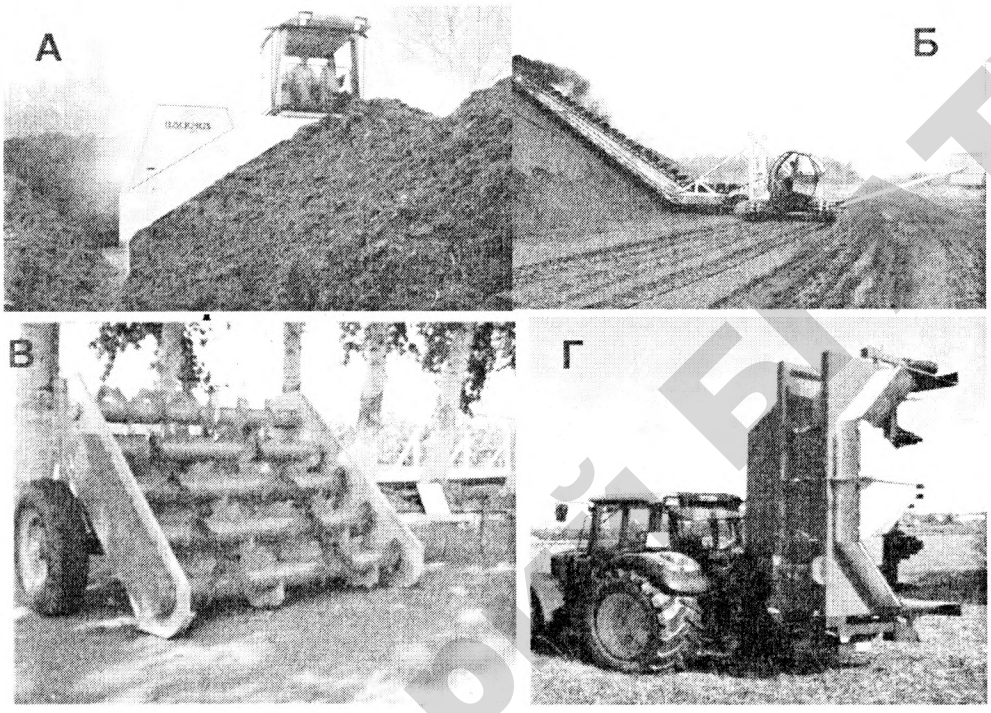


Рисунок 7.3 – Машины для аэрации буртов:
А, Г - фирма EcoBridg; Б – фирма Амкадор; В – Мичуринский ГАУ

Преимущества и недостатки технологии активного компостирования представлены в табл.7.4.

Таблица 7.4 - Преимущества и недостатки технологии активного компостирования

Преимущества:	**Недостатки:**
- Сокращенные сроки компостирования (1,5 месяца). - Уменьшение капитальных затрат за счет уменьшения площадки компостирования (до 40%). - Низкие требования к квалификации работников.	- Увеличение эксплуатационных затрат ввиду использования дополнительной техники для аэрации буртов и закупки биопрепаратов. - Невозможность компостирования при отрицательных температурах. - Нестабильность процесса переработки в зависимости от погодных условий.

Один из способов переработки жидкого навоза - компостирование его с торфом и добавление минеральных удобрений в специальном цехе, на фабрике или специальных площадках.

При компостировании торфа с навозом устраняется его излишняя кислотность, создаются условия для активизации биологических процессов, ускоряется разложение торфа, благодаря чему несколько увеличивается количество подвижного азота, доступного растениям. Компостирование на торфяной основе позволяет мобилизовать инертное органическое вещество торфа и в 1,5...2,0 раза увеличить выход высококачественного удобрения, которое по эффективности не уступает навозу

К недостаткам компостирования относятся: высокая стоимость компостов, большие транспортные расходы, большой расход торфа, низкое качество приготовления компоста, особенно на

Репозиторий БГСХА

площадках, ограниченность применения компоста по климатическим зонам страны, не обеззараживается от яиц и личинок гельминтов, что способствует загрязнению окружающей среды

Суть переработки жидкого навоза с помощью гидропоники заключается в том, что в сооружениях переработки навоза на навозопроницаемом основании настилают слой органического субстрата (солома, опилки, торф и другие в смеси или по отдельности), куда высеваются семена зерновых культур, которые на 20...40 мм заделывают субстратом. Ввиду отсутствия производственного опыта переработки навоза с помощью гидропоники нет оснований рекомендовать его к широкому использованию.

7.2.4 Переработка навоза, помета методом биоферментации в установках камерного типа

Технология биоферментации в установках камерного типа представляет собой прогрессивный способ переработки навозав высококачественное органическое удобрение.

Биоконверсия методом биоферментации в установке камерного типа основана на окислении части органического вещества за счет насыщения его кислородом атмосферного воздуха. В результате биологического окисления части органического вещества, температура в перерабатываемой массе поднимается свыше 60 °С, что губительно влияет на личинки и куколки мух, яйца гельминтов и патогенную микрофлору. Огромный вклад в разработку технологии и ее адаптации к условиям хозяйств вложил авторский коллектив ВНИИМЗ под руководством академика Н.Г. Ковалева.

Согласно РД-АПК 1.10.15.02-08, биоферментатор камерного типа представляет собой сооружение из кирпича размером 5х10 м (50 м^2) и высотой до 4,5 м, в пол которой вмонтированы восемь перфорированных труб, тупиковых с одного конца, и объединенных с другого общим воздуховодом. На задней стене камеры (с наружной стороны) устанавливается вентилятор, подающий через соединительный рукав воздух в воздуховод и через трубы - в органическую смесь. Схематическое представление биоферментатора камерного типа представлено на рис.7.4.

Передняя часть камеры оборудуется двухсекционными металлическими воротами. Задняя стена ферментатора и ворота имеют отверстия для замера температуры и содержания кислорода в компостируемой массе.

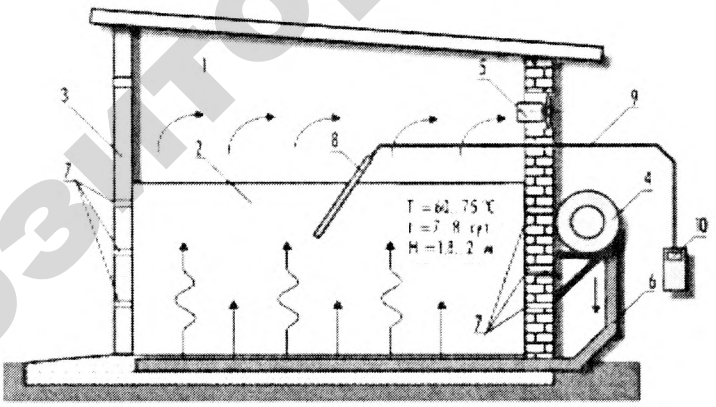


Рисунок 7.4 - Схематическое представление биоферментатора камерного типа:
1-помещение для ферментации сырья; 2-рабочая смесь; 3-ворота; 4-вентилятор напорный; 5-вентиятор вытяжной; 6-система напорных воздуховодов; 7- отверстия для замера температуры; 8-шланг кислородомера; 9-гибкий шланг; 10-кислродомер

После загрузки компостируемой массы в ферментатор газоанализатором замеряется количество кислорода в массе и устанавливается продолжительность вентиляции.

Биоферментатор может возводиться также из железобетона и других материалов.

Репозиторий БГАТУ

В зависимости от объемов производства биоудобрений из биоферментаторов могут возводиться модули из любого числа секций.

Условия применимости: влажность навоза, помета или компостной смеси не должна превышать; соотношение углерода к азоту (C/N) в исходной смеси должно варьироваться в диапазоне не менее (15...20):1.

Технология биоконверсии навоза или твердых фракций навоза после сепарации методом биоферментации в биоферментаторе камерного типа включает в себя: образование навоза и выгрузка его из животноводческого помещения; транспортировка к месту переработки; преобразование исходного продукта в рабочую смесь; закладка смеси в биоферментатор; биоконверсия методом биоферментации в камерном биореакторе; выгрузка; транспортировка к месту хранения; внесение твердых органических удобрений.

Исходную смесь (навоз/твердые фракции навоза) преобразуют в рабочую смесь путем приведения к рабочим параметрам: влажность - 55...65 %; кислотность - 5,5...6,5 pH; плотность - 0,6...0,65 т/м^3; отношение углерода к азоту (C/N) –(15...20):1.

Все операции подготовительного процесса должны быть направлены на получение смесей, обладающих оптимальными свойствами для развития аэробной микрофлоры по показателям влажности, реакции среды и соотношения азота к углероду.

Влажность повышают добавлением воды, понижают - добавлением в смесь влагопоглощающих материалов (торф, опилки, солома). Для нейтрализации кислотности добавляют известь, мел либо фосфоритную муку.

Данные действия проводятся согласно результатам анализа предварительно отобранных проб. Закладка смеси осуществляется через ворота при помощи фронтального погрузчика. Смесь укладывает в камеру биоферментатора, постепенно заполняя ее на высоту 1,5…2 м. После заполнения камеры ворота герметично закрывают и включают напорный и вытяжной вентиляторы. При закладке массы влажностью 55...65 % с начальной температурой около 10°С температура массы через 10...12 часов поднимается до 40...50 °С. Спустя сутки после закладки массы в ферментатор, ее температура достигает 60...75 °С.

По падению температуры в смеси до 30...40 °С и гибели индикаторных микроорганизмов в 10 см^{3}пробы навоза, помета, контаминированного малоустойчивыми возбудителями болезней, возбудителей повышенной устойчивости, спорообразующей микрофлоры определяют окончание процесса ферментации.

Срок биоконверсии методом биоферментации в установках камерного типа составляет 7...9 суток в зависимости от достигнутой температуры.

Выгрузка из биоферментатора осуществляется фронтальным погрузчиком на предварительно подготовленную площадку.

Транспортировка полученного твердого органического удобрения к месту хранения осуществляется при помощи грузовых автомобилей или тракторов и агрегатируемых с ними тракторных прицепов.

Органическим удобрением, достигшим товарных характеристик, принято считать удобрение, соответствующее ГОСТ Р 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия».

Преимущества и недостатки технологии биоконверсии методом биоферментации в установках камерного типа представлены в табл.7.5.

Таблица 7.5 - Преимущества и недостатки технологии биоконверсии методом биоферментации в установках камерного типа

Преимущества:	**Недостатки:**
- Низкая энергоемкость процесса и, как следствие, относительно низкие эксплуатационные затраты. - Простота технологии. - Низкие требования к квалификации работников. - Возможность мелкорозничной реализации полученного удобрения.	- Отсутствие возможности непрерывного ведения процесса биоферментации; - Отсутствие возможности перемешивать смесь в процессе биоферментации для достижения ею однородности и необходимой структуры.

Репозиторий БГАТУ

7.2.5 Переработка навоза, помета методом биоферментации в установках барабанного типа

Биоконверсия методом биоферментации в установке барабанного типа основана аналогично технологии с биоферментации в установках камерного типа, за исключением того что биоферментата торможет вращаться.

Барабанный биоферментатор позволяет вести процесс биоферментации непрерывно, не опустошая полностью барабан. Достаточно выгрузить равную по объему часть готового органического удобрения перед загрузкой новой партии исходного материала.

Барабан должен иметь отношение длины к диаметру 3:1 для обеспечения выдерживания обрабатываемой смеси при температуре 60° С не менее 3 суток.

На рис.7.5 представлена принципиальная схема усовершенствованного биоферментера барабанного типа.

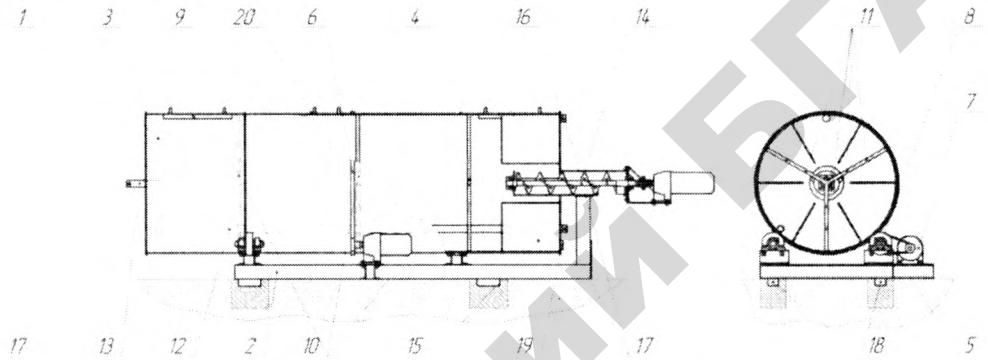


Рисунок 7.5 - Общая схема биоферментатора барабанного типа

Биоферментатор состоит из подвижного цилиндрического барабана 1, установленного на неподвижной, жестко закрепленной раме 2. В корпусе барабана 1 имеется загрузочный люк 3, а также два контрольных люка 4. При помощи указанных люков осуществляется визуальный контроль протекания процесса, а также производится процесс отбора проб. Вращение барабана 1 осуществляется посредством приводного узла 5, цепи 6, прикрепленной к корпусу барабана, и сопряженного с ними мотора-редуктора 7 при помощи катков 8.Приводной узел 5 включает в себя набор звездочек и цепную передачу, соединяющую звездочки и мотор-редуктор 7. Произвольное движение барабана 1 относительно катков 6 ограничено обечайками 9. Внутри барабана 1 на равном удалении друг от друга и от торцов расположены три комплекта планок 10, к которым крепятся комплекты датчиков температуры, содержания кислорода и CO_2 - 11. Внутри барабана 1 расположена аэрационная труба 12, подсоединяемая посредством воздуховода подачи наружного воздуха 13 к напорному вентилятору. Выгрузка компостируемого материала из биоферментационной установки осуществляется при помощи шнекового транспортера 14, жестко закрепленного к раме 2. Для улучшения процесса выгрузки в выгрузной части барабана используются шесть лопаток 15, расположенных через 60° относительно друг друга. Торец, расположенный в выгрузной части барабана 1, помимо отверстий под аэрационную трубу 12 и шнековый транспортер 14 имеет вытяжной воздуховод 16, соединяемый с барботажным устройством. Перед воздуховодом подачи воздуха 13 на выходе из аэрационной трубы 12 и после вытяжного воздуховода 16 расположены счетчики воздуха 17 для оценки выбросов из биореактора. Под рамой расположены четыре тензометрических датчика 18, подключенные к весовому терминалу. Корпус барабана 1 имеет теплоизоляцию 20.

Условия применимости: влажность навоза, помета или компостной смеси не должна превышать 65%; соотношение углерода к азоту (C/N) в исходной смеси должно варьироваться в диапазоне не менее (15...20):1.

Репозиторий БГАТУ

Закладка смесив барабанный биоферментатор осуществляется при помощи шнекового транспортера. Для оптимального режима работы биоферментатора барабанного типа его заполнение исходной смесью должно составлять 80% от общего объема. После заполнения биоферментатора люк закрывают и включают напорный и вытяжной вентиляторы.

На протяжении стадии биоферментации для перемешивания и достижения однородности смеси необходимо делать 4...5 полных оборотов барабана каждые 12 часов. Необходимое время переработки сырья для получения качественного биоудобрения в биоферментаторе составляет 3…4 суток при рабочей температуре 65…75°С.

При закладке массы влажностью 55...65 % с начальной температурой около 10°С температура массы через 10...12 часов поднимается до 45...50 °С. Спустя сутки после закладки массы в ферментатор ее температура достигает 60...75°С. По истечении трех суток треть загруженного материала выгружается и загружается соответствующая часть свежего навоза, помета, затем ежесуточно происходит выгрузка и загрузка трети полезного объема биоферментатора, что обеспечивает поточность процесса.

Срок биоконверсии методом биоферментации в установке барабанного типа составляет 3...4 суток в зависимости от достигнутой температуры.

Выгрузка из биоферментатора осуществляется при помощи шнекового транспортера. В процессе выгрузки необходимо периодически совершать 1...2 полных оборота барабана.

Преимущества и недостатки технологии биоконверсии методом биоферментации в установках барабанного типа представлены в табл. 7.6.

Таблица 7.6 - Преимущества и недостатки технологии биоконверсии методом биоферментации в установках барабанного типа

Преимущества:	**Недостатки:**
- Минимальное количество обслуживающего персонала. - Возможность автоматизации процесса. - Возможность регулировки процесса переработки навоза/помета. - Возможность непрерывного ведения процесса биоферментации. - Возможность получения дополнительных продуктов (подстилка для КРС). - Высокое качества получаемого продукта.	- Относительно высокие капитальные затраты (стоимость модуля для переработки 10 т/сут - 4500 тыс. руб.). - Высокие энергетические затраты, относительно биоферментации в камерном биоферментаторе, и, как следствие, более высокие эксплуатационные затраты. - Более высокие требование к квалификации обслуживающего персонала. - Сложность конструкции.

7.2.6 Переработка навоза с разделением на твердую и жидкую фракции

Технология применима как для навоза КРС, так и для свиного навоза. Данную технологию переработки и использования навоза целесообразно применять в хозяйствах, с большим выходом полужидкого и жидкого навоза (более 25 тыс. тонн в год) влажностью более 92%. Жидкий навоз с целью снижения капитальных и эксплуатационных затрат на его хранение и дальнейшее использование разделяют на жидкую и твердую фракции. Твердую фракцию перерабатывают путем пассивного или активного компостирования, биоферментации в установках барабанного или камерного типа, а жидкую фракцию перекачивают в хранилища (пленочные, металлические или железобетонные). При этом твердые органические удобрения в основном вносятся под пропашные культуры, а жидкие используются при подкормке многолетних трав и зерновых.

Одним из основных узлов технологии является станция сепарации, представляющая собой приемную емкость и сепаратор. Шнековые и барабанные сепараторы рекомендовано применять при влажности навоза 90…95 %, решетчатые и ленточные при влажности свыше 95%.

Преимущества и недостатки технологий разделения на фракции представлены в табл.7.7.

Репозиторий БГАТУ

Таблица 7.7 - Преимущества и недостатки технологии переработки навоза методом разделения на фракции

Преимущества:	Недостатки:
- Не требуется влагопоглощающий материал при компостировании и биоферментации. - Уменьшение объемов навозохранилищ за счет выделения твердой фракции (на 15…17%). - Простота технологии.	- Наличие сельхозугодий с соответствующими культурами для внесения твердого и жидкого органического удобрения. - Наличие технических средств и технологического. оборудования для внесения двух видов органического удобрения. - Высокие капитальные и эксплуатационные затраты.

7.2.7 Анаэробная обработка с генерацией электричества и тепла

Технология анаэробной обработки с генерацией электричества и тепла получила распространение во многих странах с теплым и умеренным климатом. Лидирующей страной по внедрению биогазовых установок является Германия, где функционирует около 10 тыс. биогазовых станций. Согласно РД-АПК 1.10.15.02-08анаэробная обработка возможна для бесподстилочного навоза и помёта, смеси осадков отстойников и других продуктов переработки и очистки навозных стоков, а для подстилочного помёта необходимо довести влажность массы до 88…94%.

Технология биоконверсии навоза, помёта методом анаэробной обработки с получением биогаза и переброженной массы содержит следующие операции: образование навоза; транспортировка навоза; промежуточное хранение; смешивание с добавками; загрузка в метантек и анаэробный процесс переработки с последующим накоплением биогаза в газгольдере; погрузка и транспортировка органического удобрения; внесение органического удобрения.

Условия применимости: для протекания анаэробного процесса допустима влажность перерабатываемого материала 80…97%, при этом наибольшая эффективность достигается при влажности 88…93%; оптимальная кислотность (pH) 6,9…8,0; оптимальное соотношение (C/N)— (10…16): 1.

Материалы, содержащие органические вещества поступают в герметичные ёмкости (биореакторы), где смесь, полученная из субстратов, разлагается под действием бактерий без доступа света и кислорода. Конечными продуктами этого брожения является биогазипереброженная масса (дигестат). Основной составляющей биогаза является метан.

Смешивание с навоза, помёта с добавками производится с помощью миксеров (мешалок-гомогенизаторов).Анаэробная обработка происходит в метантенках, оборудованных техническими средствами для гомогенизации - насосами-гомогенизаторами и мешалками. Образующийся биогаз поднимается из сбраживаемой массы и собирается в газгольдере. Между метантенком и газгольдером обычно используется газопровод. Образующийся биогаз используется в когенерационной установке (мини- ТЭЦ) для получения тепловой и электроэнергии.

Транспортировка полученного жидкого органического удобрения осуществляется по трубопроводу либо самотёком, либо с помощью насосов.

Преимущества и недостатки технологии анаэробной обработки представлены в табл.7.8.

Таблица 7.8 - Преимущества и недостатки технологии анаэробной обработки

Преимущества:	Недостатки:
- Широкий диапазон влажности навоза 80…97%. - Для транспортировки и внесения можно использовать одно и то же оборудование. - Объём питательных веществ, находящихся в доступной для растений форме выше чем в традиционных органических удобрениях.	- Большие капитальные затраты (5000…7000 руб. на одну тонну ежегодно образующегося навоза, помета). - Высокие эксплуатационные затраты (8000…1200 руб/т). - Высокая стоимость получаемой электроэнергии (9…17 руб/кВт).

Существенные недостатки, которые не позволяют широко применять биогазовые установки в нашей стране следующие. Необходимость подготовки для сбраживания навоза влажностью 89...94 %,

Репозиторий ВГАТУ

обеззараживание массы происходит при температуре 323 ... 328 К, поэтому от 30 до 100 % биогаза расходуется на поддержание процесса, не решает проблемы утилизации иловой воды, полученной в результате сбраживания, теряется от 5 до 12 % азота и до 25 % углерода, несовершенство конструкции метантеков, жесткие режимы процесса (поддержание постоянной температуры и влажности), большие капитальные и эксплуатационные затраты, отсутствие объективных методик оценки эффективности такой технологии.

7.2.8 Технология термической сушки навоза

Термическая сушка навоза происходит в специальных сушильных установках. Наибольшее распространения получили сушильные установки трех видов: барабанные, туннельные и ленточные.

При термической сушке масса навоза уменьшается в 3…4 раза, а физические свойства сухого удобрения позволяют вносить его в почву практически всеми машинами, предназначенными для внесения минеральных удобрений.

Способ сушки в термокамере зависит от типа сушильной камеры.

В установках барабанного типа идет процесс циркуляции горячего воздуха, который поступает непосредственно в термокамеру. В термокамере есть лопасти, которые за счет вращения барабана перемешивают и пересыпают смесь, равномерно распределяя ее по барабану. Смесь, пересыпаясь с лопасти на лопасть, высушивается под действием горячего воздуха (непрямой нагрев) или смеси воздуха с топочными газами (прямой нагрев), который забирается из теплогенератора через барабан с помощью вентилятора путем создания разрежения внутри барабана или из-за перепада температуры.

В установках туннельного типа теплоносителем служит горячий воздух, нагреваемый с помощью калориферов. Сушилка представляет собой длинный (несколько метров) прямоугольного сечения канал с кирпичными стенками. Канал имеет плотно закрывающиеся двери с входного и выходного концов и вдоль него установлен рельсовый путь, по которому можно передвигать.

В установках ленточного типа в качестве сушильного агента могут быть использованы топочные газы или воздух. Для нагревания и циркуляции воздуха в сушилке установлены калориферы и вентиляторы. Сушильный агент циркулирует сквозь слой материала сверху вниз поперек камеры. Возможны и другие направления: снизу вверх, попеременно, вдоль транспортера прямотоком и противотоком. Скорость сушильного агента не должна превышать 1…5 м/с. Ленточные сушилки бывают секционными. Количество секций можно менять в зависимости от производительности и температурного режима.

Для снижения объема высушенного навоза, помета и придания ему физико-механических свойств, необходимых для применения механических средств внесения, применяют грануляцию.

Грануляция осуществляется в специальных установках. Гранулятор состоит из пресса, установленного на раме, и смесителя. Пресс - основная составная часть гранулятора. Он предназначен для получения гранул из высушенного продукта путем продавливания его прессующими вальцами через радиальные отверстия кольцевой матрицы. Смеситель представляет собой горизонтальный цилиндр с патрубками для подвода пара или воды.

Преимущества и недостатки технологии термической сушки и грануляции представлены в табл.7.9.

Таблица 7.9 - Преимущества и недостатки технологии термической сушки и грануляции

Преимущества:	Недостатки:
Минимальный показатель относительной влажности готового продукта среди всех представленных способов переработки навоза/помета (12...15 %).Отсутствие неприятного запаха у готового продукта. - Возможность фасовки готового сыпучего удобрения. - Возможность внесения полученного удобрения в почву большинством машин, предназначенных для разбрасывания минеральных удобрений.	- Высокие показатели капитальных затрат. - Высокие показатели эксплуатационных затрат. - Высокие требования к квалификации обслуживающего персонала. - Высокие показатели эмиссии азота в процессе усушки.

Репозиторий БГАТУ

7.2.9 Термофильная аэробная стабилизация

Сущность этого метода заключается в насыщении жидкого навоза кислородом воздуха. При этом под действием аэробных микроорганизмов в присутствии кислорода происходит биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в навозе. Часть органических веществ используется для строительства новых клеток микроорганизмов, остальная путем последовательных реакций превращается в углекислый газ и воду. Вследствие экзотермического характера процесса навоз разогревается до 55...70°С, что обеспечивает обеззараживание его от гельминтов, болезнетворных микроорганизмов и патогенной микрофлоры. При этом удобрительные свойства исходного навоза не ухудшаются.

Для аэрации и одновременного перемешивания навоза использовалась погружная мешалка фирмы «Maier» (Германия), место расположения которой легко регулируется, что исключает возможность образования застойных зон. Кроме того, тепло, выделяемое электродвигателем в процессе работы, идет на нагрев навозной массы.

Для повышения эффективности перемешивания и насыщения навозной массы кислородом воздуха специалисты фирмы «Flygt» (Швеция) предлагают выполнять эти операции разными техническими средствами: аэрацию — пневматическими системами, а перемешивание — мешалкой FloMaker 4410/4430 (изготовитель — фирма «Flygt»). Создавая мощный поток жидкости в горизонтальном направлении, мешалка способствует распространению воздушных пузырьков по большой площади резервуара, уменьшая при этом скорость их всплытия. Насыщение кислородом обрабатываемой навозной массы при этом увеличивается на 40...60%.

Один из новых методов подготовки жидкого навоза к использованию разработан фирмой «DELA» (ФРГ), суть которого заключается в следующем. Жидкий навоз крупного рогатого скота или свиней влажностью до 93% смешивается с тонко измельченными влагопоглощающими материалами (соломой, торфом, опилками и др.). Смешивание осуществляется в установленном наклонно к горизонтали вращающемся барабане. При материала с жидким навозом с образованием окатышей, которые направляются на компостирование. Подготовка компостной смеси в виде окатышей обусловлена тем, что ее гранулометрический состав оказывает определяющее влияние на содержание в ней кислорода, который необходим для активной жизнедеятельности аэробных термофильных микроорганизмов, участвующих в разложении органической субстанции компостной смеси. Дополнительная аэрация бурта с окатышами в процессе компостирования осуществляется путем его перемешивания бульдозером. При компостировании помимо разложения органической субстанции компостной смеси происходит и ее частичное обеззараживание за счет повышения температуры бурта.

Готовый компост направляется в смеситель, где он смешивается с минеральными удобрениями, добавляемыми по заданному рецепту дозаторами. После этого смесь органо-минеральных удобрений поступает в экструдер, где в результате комплексного воздействия высоких температуры и давления происходит прочное соединение органической и минеральной составляющих смеси и ее окончательная стерилизация. Конечный продукт в виде гранул направляется в склад для хранения, откуда по мере необходимости отпускается как в насыпном виде, так и затаренным в мешки.

Полученные таким способом гранулированные органо-минеральные удобрения, имеющие торговую марку «DELAPLANT», являются ценным экологически чистым и высокоэффективным удобрением с заданными по удобрительной ценности свойствами. Рентабельность технологического комплекса обеспечивается за счет реализации произведенных органо-минеральных удобрений и повышения экологической безопасности ферм.

Репозиторий БГАТУ

7.2.10 Вермикультивирование

Для того, чтобы сделать сельскохозяйственное производство полностью безотходным, экологически чистым и высокорентабельным, разработаны принципиально новые биотехнологии утилизации навоза. Одной их таких является технология, главным органических отходов ценное органическое удобрение — биогумус (вермикомпост), содержащий все необходимые растению элементы питания, а также биологически активные вещества, стимулирующие рост и развитие сельскохозяйственных культур.

В результате селекционной работы, проведенной в США, был выведен гибрид красного калифорнийского червя, имеющего более высокую плодовитость и продуктивность, чем его дикие сородичи. В течение двух месяцев популяция из 30...50 тыс. особей (биомасса около 4 кг/м^2) перерабатывает на 1 м^2 культиватора до 300 кг перепревшего подстилочного навоза, превращая его в гумусное удобрение.

Применение биогумуса дает прирост урожая зерновых и сахарной свеклы до 20, картофеля, овощей и фруктов — до 40%. У растений повышается устойчивость к болезням, до минимума сводится загрязненность продукции вредными веществами.

Вермикультура — богатейший резерв решения белковой проблемы в животноводстве. Изготовленная из биомассы червей белковая мука содержит 61...71% протеина и имеет сбалансированный аминокислотный состав. Она успешно используется в медицине при производстве детского питания и лекарств, имеющих иммунокислотную и противоопухолевую активность.

Калифорнийский червь лучше всего развивается в компостной смеси после ее биотермического созревания (в готовом компосте) при температуре субстрата 20...25°С, влажности 70...80%, нейтральной или слабокислой среде и достаточной аэрации. Поэтому вермикультивирование связано с большими затратами, особенно ручного труда, так как средства механизации практически отсутствуют. В связи с этим рекомендуется использовать данную технологию в том случае, когда есть возможность коммерческого использования биогумуса (например, продажа вермикомпоста владельцам близлежащих дачных и личных подсобных хозяйств). Возможно производство биогумуса для собственных нужд, но лишь в том случае, когда прибавка урожая сельскохозяйственных культур оправдывает понесенные затраты.

Существует достаточно много технологий производства биогумуса с использованием красного калифорнийского червя. Для общего представления ниже приведена одна из рекомендуемых технологий вермикультивирования для производства небольших объемов биогумуса в летний период времени.

Готовый компост необходимо тщательно перемешать с землей (10% от объема компоста) и сформировать бурт высотой слоя 30...40 см. На его поверхности делают лунки глубиной 20...25 см (из расчета 5 лунок на 1 м^2), в каждую из которых помещают 200...500 г компоста с червями (маточной культуры) и накрывают слоем соломенной сечки или сена толщиной 5...10 см. Требуемая влажность поддерживается в течение 20...30 дней (до конца июня) путем полива водой, температура которой должна быть не ниже 18...20°С. Первую подкормку компостом проводят через 20...30 дней после заселения бурта червями, последующие — через каждые 7...10 дней (июль-август). К сентябрю биосумус готов и его необходимо отделить от червей. Для этого в течение 15…20 дней подкормку не производят. Для лучшего сохранения влаги бурт необходимо накрыть пленкой. По истечении этого времени производят подкормку более хорошим компостом слоем 10...15 см. Через 3...4 дня, когда черви переселятся в этот слой, его снимают и складируют для подготовки к зимовке. Повторив эту операцию 3...4 раза в течение 10...15 дней, можно собрать до 95% популяции червей в отдельном бурте, а в рабочем останется готовый к использованию вермикомпост. Можно также просеять биогумус с червями на ситах с ячейками размером до 10 мм.

Если биогумус производился для коммерческого использования, то его лучше подсушить до влажности 50...55%, если для применения в собственном хозяйстве в дополнительной подсушке нет необходимости. Готовый биогумус можно хранить в буртах, накрытых пленкой для предотвращения воздействия атмосферных осадков.

Репозиторий БГАТУ

Для зимовки бурт с червями накрывают слоем соломы, опилок, сена или сухих листьев толщиной 30...40 см, а сверху покрывают пленкой. Необходимо, чтобы температура в центре бурта не опускалась ниже 4...5 и не поднималась свыше 30°С.

7.3 Машины и оборудование для уборки и подготовки навоза к использованию

7.3.1 Способы и средства удаления навоза

При выборе технологии производства следует в первую очередь опираться на природоохранные требования. Для получения твёрдого навоза животные содержатся на подстилке из листьев соломы опилок торфа и прочих материалов а для жидкого навоза - подстилка отсутствует и животные содержатся на полах с щелями

Уборка, включающая очистку месторасположения животных (стойла, логова, станка) от навоза, удаление его из помещения к месту временного или постоянного хранения, является начальным этапом технологического процесса получения органического удобрения.

Затраты труда на очистку стойл, сбор и транспортировку навоза к месту временного хранения и его погрузку составляют от 10 до 20 % всех трудовых затрат на ферме или комплексе.

Основными требованиями, предъявляемыми к системе уборки навоза, являются обеспечение максимальной чистоты животноводческих помещений с минимальными затратами средств и труда, при минимальном расходе воды и выполнении санитарно-гигиенических и зооветеринарных требований.

Механический способ уборки, включающий роторные, шнековые и скребковые транспортеры, скреперные установки и бульдозеры используется, в основном.

При комбинированном способе уборки навоз попадает в подпольное хранилище, накапливается и периодически выгружается погрузочными средствами, а при использовании контейнеров они опорожняются по мере их наполнения. Этот способ уборки нашел применение на фермах для содержания коров.

Гидравлический способ уборки, включающий гидросмыв водой или осветленной фракцией жидкого навоза, самотечный периодического и непрерывного действия, применяется, в основном, на фермах и комплексах по откорму КРС и реже на фермах для содержания дойного стада.

Нашла применение при бесподстилочном содержании животных уборка навоза с подпольным его хранением. При размещении хранилищ под помещениями содержания КРС их высота (глубина) с использованием для выгрузки навоза мобильных погрузчиков принимается не более 5 ми 2,5...3 м - стационарных установок УВН-800, с шириной не менее 5 м. Хранилища оборудуются устройствами для отвода навозной жижи.

Объем навозохранилища принимают из расчета 10 м^3 на одну корову. Выгрузка навоза проводится по мере накопления электрифицированным или мобильным погрузчиком.

В коровниках при бесподстилочном содержании влажность навоза в хранилище составляет 84...85 %, температура зимой 282...286 К, летом до 293 К.

Коровники оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей нормальные зоогигиенические условия. Концентрация аммиака находится в пределах 10...20 мг/м^3, относительная влажность воздуха 57...60 %.

Этот способ уборки имеет следующие недостатки. Близкорасположенные грунтовые воды не позволяют строить глубокие навозохранилища, отсутствуют надежные средства выгрузки навоза, вызывает затруднение отделение жидкой фракции, имеется ограничение в его использовании (только в момент выгрузки), навоз не подвергается биотермическому обеззараживанию.

Технологический процесс уборки навоза из различных животноводческих помещений и его транспортировка к местам складирования и обработки для дальнейшего внесения в почву как органического удобрения подразделяется наследующие операции: 1) уборка помещений; 2) перевозка к местам временного складирования и разгрузка; 3) обработка навоза для получения органических

Репозиторий БГАТУ

высокоэффективных удобрений; 4) погрузка навоза и транспортировка его на поле; 5) внесение навоза в почву.

Согласной данной технологии навозоуборочные средства подразделяются: по назначению: для очистки помещений, накопления, а также удаления навоза; для транспортировки навоза и последующей обработки.

В свою очередь различают два типа систем удаления навоза: механические (скреперные и скребковые транспортёры, бульдозерные навески; гидравлические.

В свою очередь механическая система содержит мобильные и стационарные средства, применяемые для сбора, удаления и обработки как твердого, так и жидкого навоза. По назначению навозоуборочные средства делят на: средства очистки помещений, средства накопления и удаления навоза, средства транспортировки его и обработки с целью последующей утилизации. Помимо тех, которые предназначены для выполнения ежедневных операций по очистке и удалению навоза, имеются средства и для периодического удаления слежавшегося навоза из коровников при содержании коров на глубокой несменяемой подстилке, а также для очистки от навоза выгульных дворов, удаления глубокой несменяемой подстилки.

Выбор способа и средств механизации уборки навоза из помещений для крупного рогатого скота определяется технологией содержания животных, планировкой помещений, объемно-планировочным решением фермы или комплекса и обеспеченностью подстилочными материалами. При наличии подстилки целесообразно применять подстилочный метод содержания животных, так как он способствует созданию для животных более благоприятных санитарно-гигиенических условий и способствует получению высококачественных удобрений, а также облегчает их обработку и рациональное использование.

Для механизации внесения подстилки в стойла и боксы используются мобильные кормораздатчики, а при содержании животных на глубокой подстилке — тракторные навозоразбрасыватели. Применение для этих целей прицепных тракторных машин требует достаточной ширины сквозных навозных проходов. Разбрасывание подстилки кормораздатчиками с кормовых проходов приводит к попаданию подстилочных материалов в кормушки и поилки. В связи с этим предусмотрено применение специального разбрасывателя подстилки, рассчитанного на обслуживание не менее 200 голов при производительности около 10 т/ч.

Уборку навоза из помещений для беспривязного содержания скота на глубокой подстилке производят бульдозером. Он также является эффективным средством уборки навоза при ограниченном использовании подстилки, а в некоторых случаях — и при бесподстилочном содержании животных. При уборке навоза бульдозером из помещений для боксового или комбибоксового содержания животных навозный проход должен иметь форму прямоугольного лотка шириной не менее 2200 мм и глубиной 200 мм. Если он используется в помещениях для привязного содержания коров, то проход выполняют в виде двух канавок глубиной 150…200 мм и шириной 550 мм с расстоянием между ними 1100 мм. Общая ширина проезда должна быть 2200 мм. Бульдозерная лопата должна соответствовать форме канала. В средней части ее установлен шарнирно закрепленный скребок шириной 1100 мм. При подстилочном содержании животных навоз выталкивают бульдозером непосредственно в навозохранилище или на примыкающие к животноводческим помещениям компостоприготовительные площадки. При бесподстилочном содержании навоз через люки в концах навозных проходов внутри помещения сбрасывается в навозосборники или в поперечный коллектор.

В целях предотвращения растекания бесподстилочного навоза за пределы лотка, рекомендует оборудовать бульдозер шарнирно – закрепленными боковыми щеками длиной 1000…1200 мм, управляемыми с помощью гидроцилиндров. Оборудованный ими бульдозер приобретает емкость способную вместить до 1,5 т навоза. Благодаря этому он весь убирается за один проход агрегата, что резко сокращает время пребывания трактора в помещении.

Применение бульдозера в сочетании с поперечным транспортером позволяет избежать сквозняков и значительно сократить потери тепла по сравнению с выталкиванием навоза за пределы помещений, когда ворота длительное время остаются открытыми. При использовании бульдо-

Репозиторий БГАТУ

зера пол проходов должен быть монолитным из бетона не ниже марки 200 и толщиной не менее180 мм с уклоном 0,5% в направлении транспортирования навоза. Для обеспечения беспрепятственного проезда агрегата по обе стороны от лотка следует предусмотреть свободное пространство шириной 200…250 мм.

7.3.2 Гидравлические способы уборки навоза

Используя реологические свойства жидкого навоза в США, Англии, Голландии, Германии, Швеции и Норвегии, гидравлические способы уборки начали применять в 60-годы. В нашей стране гидросмыв водой или отстоявшейся жидкой фракцией, бесканальную смывную систему (разновидность гидросмыва), самотечные непрерывного и периодического действия и секционную системы уборки навоза начали применять позднее.

Для гибравлических способов очистки животноводческих помещений характерно следующее:

- гидравлические способы уборки требуют содержания животных на щелевых полах, под которыми проходят продольные и поперечные каналы. Решетчатые полы выполняют из металла, железобетона или дерева, которые занимают всю площадь помещения или часть его, рис. 7.6, 7.7;
- при гидросмыве используют смывные бачки или насадки, установленные в торце канала, к которым подают смывную жидкость. Каналы при гидросмыве строят длиной 50...100 м, шириной 0,6...1,2 и глубиной 0,6 м;
- для бесканальной смывной системы зона дефекации имеет длину до 3 м, ширину 1,0...1,8 и глубину 0,06 м, уклон пола 0,01. Смывную воду подают через форсунки под давлением 0,5 МПа;
- самотечная система непрерывного действия обеспечивает удаление навоза из помещения за счет перемещения его под действием силы тяжести. Она применяется в животноводческих помещениях при содержании КРС без подстилки и кормлении силосом, корне- и клубнеплодами, бардой, жомом и зеленой массой и в свинарниках, при кормлении комбикормами без использования силоса и зеленой массы; причем, продольные каналы выполняют без уклона, длиной до 100 м, шириной 0,7...1,5 и глубиной 1,25...1,9 м. Каналы оборудуют порожком высотой 80...200 мм, а иногда и гидрозатвором;
- каналы самотечной системы периодического действия выполняют длиной до 100 м, шириной 0,8...1,0 и глубиной 0,8 м с уклоном дна 0,005...0,02. Оборудуют гидрозатворами шиберного, калиточного, лоткового или шарнирно-рычажного типов.

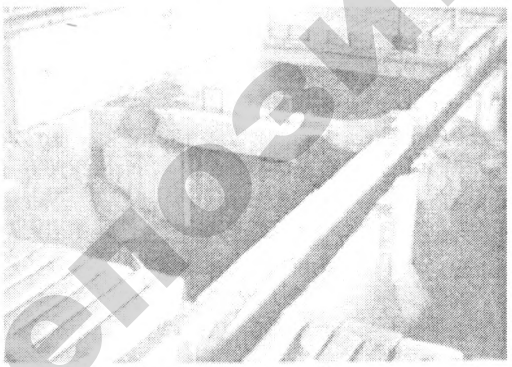


Рисунок 7.6 - Железобетонный решетчатый пол в помещении для содержания КРС:
1 - гидрозатвор; *2* -навозосборный канал; *3* - железобетонная перемычка; *4* - канал для удаления загазованного воздуха

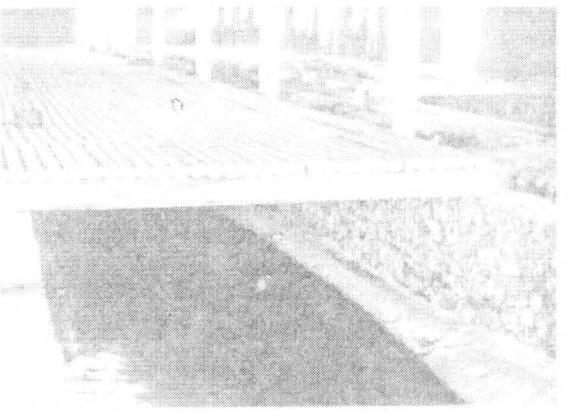


Рисунок 7.7 - Деревянный решетчатый пол

Репозиторий БГАТУ

При разработке конструкции решетчатых полов необходимо исходить из следующих условий:

$$[B_p] \le S_{межс} \le B_{бр} \le (0{,}8...0{,}9)D_к, \quad (7.1)$$

где $[B_p]$ - ширина бруска из расчета допустимого предела прочности, м; $S_{межс}$ - межкопытное расстояние, м; $B_{бр}$ - ширина бруска, м; $D_к$ — диаметр (ширина) копыта, м.

Исходя из условий устойчивости хождения животных и наименьшей загрязненности пола ширина бруска должна быть меньше или равна (0,8 ... 0,9) $\mathbf{D_K}$. При соблюдении данного требования животное легко будут перемещаться, устойчиво стоять, не травмироваться, обеспечится нужная прочность решетчатого пола.

Ширина щели выбирается из выражения

$$B_{щ} \le (0{,}3...0{,}4)D_к \le b_1, \quad (7.2)$$

где $B_{щ}$ - ширина щели, м; $\mathbf{D_K}$ - диаметр (ширина) копыта, м; b_1 - размер щели, при которой наибольшее проваливание навоза, м.

Длина решетки ограничивается с одной стороны пределом прочности, с другой стороны - ширина канала, при которой создаются наилучшие условия для истечения из него навоза, то есть:

$$l_p \ge \frac{2bh^2[\delta]}{3GK_{ст}K_{дин}}, \quad (7.3)$$

где l_p - длина решетки, м; [δ] - допустимое напряжение при изгибе, н/м^2; **b, h** - ширина и высота бруска, м; **G** - масса животного, кг; $K_{ст}$, $K_{дин}$ - коэффициенты, учитывающие характер (статическую и динамическую) нагрузки.

Наиболее эффективными с экономической точки зрения являются каналы шириной 1,2...1,5 м - для крупного рогатого скота. Уменьшение ее приводит к увеличению глубины канала, а следовательно и к удорожанию строительства. Большая ширина ограничивается пределом прочности и временем накопления навоза до начала истечения.

Перед пуском самотечной системы каналы заполняют водой на высоту 100 мм. После накопления навозной массы до уровня ниже решетчатого пола на 0,25...0,35 м, открывают гидрозатвор и она вытекает из канала под действием силы тяжести. Образовавшийся осадок из канала удаляется струей воды или осветвленной фракции.

Для снижения загазованности помещения поперечные навозоприемные каналы оборудуют вытяжной вентиляцией.

В секционной системе навозоудаления, являющейся разновидностью самотечной, каналы выполняют прямоугольной формы, глубиной 0,8 м и перекрывают решетчатым полом. На выходе канала в поперечный коллектор устанавливают шибер калиточного типа с горизонтальной осью вращения калитки, снабженной замком, который обеспечивает герметичное ее закрытие и быстрое открытие. По длине канала установлены неподвижные поперечные перегородки, между нижней кромкой которых и дном имеется зазор, равный 0,25 м. Перегородки расположены на расстоянии 6...8 м друг от друга, рис. 7.8.

После заполнения канала калитку открывают и навозная масса начинает поочередно вытекать из каждой секции в поперечный коллектор.

Сложность конструктивного исполнения и технологического обслуживания не позволяют этой системе уборки найти широкое применение в производстве.

Применение самотечных систем уборки навоза позволяет сократить затраты труда и приведенные затраты на 10...30 %, по сравнению с механическими средствами уборки. Удельная металлоемкость гидравлических систем уборки и транспортировки навоза в 4...6 раз меньше, удельные капитальные вложения на одно скотоместо ниже на 30...40 %, по сравнению с механическими способами.

С учетом санитарно-гигиенических и ветеринарных требований гидравлические способы имеют преимущества, т.к. значительно снижается загрязненность пола по сравнению с уборкой транспортерами, скреперными установками и бульдозерами, содержание вредных веществ в по-

Репозиторий БГАТУ

мещении не превышает значений предельно допустимой концентрации (ПДК). Однако, при гидросмыве содержание их выше на 16...18 %, чем при самотечных способах уборки.

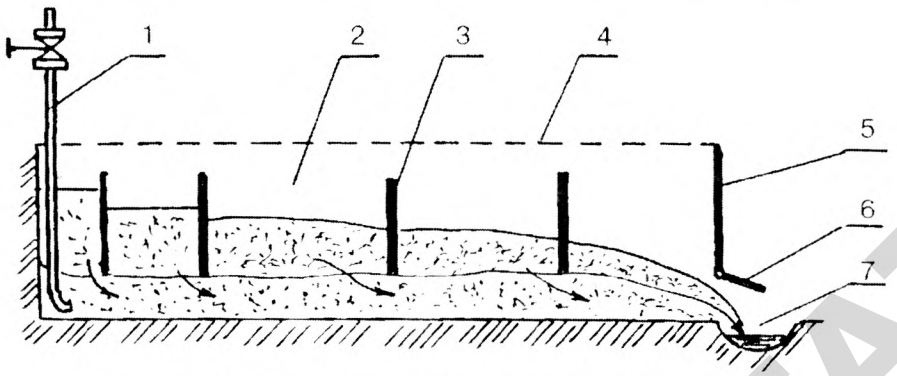


Рисунок 7.8 – Схема секционной системы удаления навоза:
1 - смывной трубопровод; 2 - продольный навозоприемный канал; 3 - поперечная перегородка; 4 - решетчатый пол; 5 - шибер; 6 - калитка; 7 - сборный поперечный коллектор

При самотечных способах уборки, навоз наиболее доступен механизации и автоматизации на всех этапах процесса, начиная с удаления из помещений и кончая внесением в почву. Использование гидротранспорта для перемещения жидкого навоза позволяет избежать загрязнения территории фермы опасным распространением инфекций, инвазий в пределах фермы и вне ее.

Вместе с тем результаты производственных опытов показывают, что гидравлические способы уборки имеют существенный недостаток. Применение гидросмыва при уборке приводит к увеличению объема в 3...7 раз и влажности навоза с 87...90 до 96...98 %. При уборке самотечным способом получают навоз влажностью 92...96 % , что означает увеличение его объема в 1,5...2,0 раза, хотя надежность работы системы обеспечивается при влажности 88...92 %.

7.3.3 Разделение жидкого навоза на фракции

Для сокращения сроков хранения жидкой фракции, обусловленных ветеринарно-санитарными требованиями, целесообразно изыскать способ и технические средства для ускоренного обеззараживания жидкой фракции.

Для разделения жидкого навоза используют: естественный, механический и термический способы. При естественном способе разделения выделение твердых частиц происходит за счет силы тяжести и разности плотностей жидкой и твердой фракций в отстойниках, бункере-накопителе или контейнере.

Удаление жидкой фракции дренированием или фильтрованием при механическом способе осуществляется за счет центробежных сил, вибрации, сил тяжести - в гидроциклонах, осадительных и фильтрующих центрифугах, виброгрохотах, вибросите и дуговом сите. В фильтр-прессах, ленточных фильтрах используют избыточное давление или вакуум. При термическом способе удаление влаги из жидкого навоза происходит в сушилках за счет перепада давлений парциального и водяного пара.

Для естественного разделения навоза влажностью более 90 % применяют горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники

Широкое использование горизонтальных отстойников сдерживается из-за: низкой степени разделения, повышенной влажности осадка, низкой производительности (интенсивности разделения), большой стоимости строительства, трудоемкости процесса промывки дренажной системы; отторжения больших площадей под строительство, периодичности работы, необходимости присут-

Репозиторий БГАТУ

ствия человека при выпуске осветленной жидкости, возможности разделения навоза только с гидравлической крупностью частиц 0,5...0,1 мм/с, отсутствие обеззараживания твердой фракции и потерь до 30 % азота и органического вещества используют осветлитель-накопитель, представляющий собой цилиндрическую емкость, установленную на высоте 3 м. Твердая фракция - осадок под давлением столба жидкости выгружается через трубу в транспортное средство или на дообезвоживание в пресс. Жидкая фракция через отводную трубу поступает на орошение. Осадок из отстойника выпускается снизу по иловой трубе через выгрузное устройство, а плавающие частицы с поверхности отстойника 1...3 раза в смену удаляются в лоток вручную.

К основным недостаткам этих отстойников относятся: применение ручного труда для удаления всплывших частиц с поверхности отстойника, большая общая высота, отсутствие контроля за выпуском осадка, периодичность работы, необходимость устройства теплоизоляции корпуса отстойника, большая влажность получаемого осадка, не удовлетворяющая агрозоотехническим и ветеринарным требованиям

Основными недостатками естественного способа разделения с помощью отстойников различных конструкций являются: малая производительность и эффективность, большая влажность получаемого осадка, который без дополнительной обработки (дообезвоживания и обеззараживания) использовать небезопасно, плохо приспособлены к динамическим изменениям (обладают узкой преемственностью и плохой управляемостью процессом), потери азота составляют до 30 % и массы навоза до 10...25 %; отстойники открытого типа кроме того являются источником загрязнения окружающей среды, размножения мух, пристанищем птиц, которые, в случае эпизоотии, способны перемещать источники инфекционных болезней

В настоящее время для разделения навоза на фракции применяют шнековые, барабанные, решетчатые сепараторы и ленточные прессфильтры, представленные на рис. 7.9.

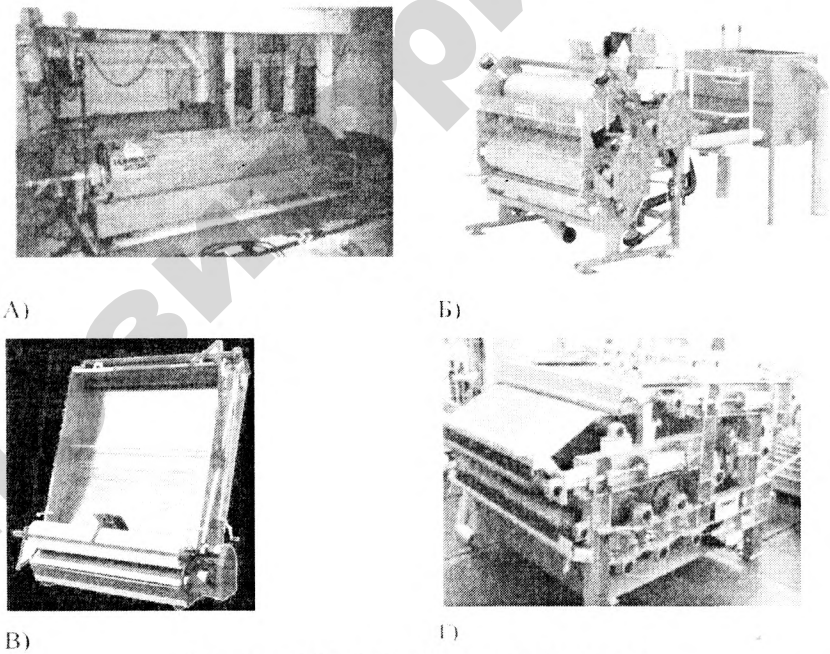


Рисунок 7.9 - Общий вид сепараторов:
А) - шнековый; Б) - барабанный; В) - решетчатый; Г) – ленточный

Из механических устройств для разделения навоза самым простым по конструкции и принципу действия является дуговое сито СДФ-50, рис. 7.10, которое состоит из сварной рамы с наклонно установленным желобом, ломаного дна, которое выполнено в виде шпальтовой сетки из прутков трапециевидного профиля. Под ситом установлен поддон для фильтрата. Исходный навоз

Репозиторий БГАТУ

через подающую трубу поступает в приемный бачок с гасителем напора, переливается по распределительному лотку тонким слоем на сито по всей его площади, стекая по перфорированной поверхности сита, фильтруется и выводится в сборник. Твердая фракция сползает к нижнему краю сита, из которого лопастями битера сбрасывается в накопительную емкость или на транспортер. Наклон сита регулируется. Производительность составляет 25...50 м^3/ч, эффективность разделения 30...60 % при влажности исходного навоза более 96 %. Влажность твердой фракции составляет 86...90 % и требует дополнительного обезвоживания. Жидкая фракция, полученная после разделения, способна при хранении к расслоению и ее необходимо осветлять в отстойниках.

Недостатками дуговых сит являются: высокая влажность твердой фракции, фильтрат содержит много тонкодисперсных частиц, требуется ежесменная промывка и периодическая очистка фильтровальной поверхности, чувствительны к изменению влажности исходного навоза

Барабанный виброгрохот ГБН-100, рис. 7.11, предназначен для разделения навоза КРС влажностью более 97 %. Виброгрохот состоит из фильтрующего барабана, заключенного в кожух и установленного в подшипниках на раме, которая через амортизаторы опирается на основную раму виброгрохота. Барабан вращается вокруг своей оси в цапфах. Привод его осуществляется от мотор-редуктора через цепную передачу. Цапфа со стороны привода имеет полую конструкцию и через нее введен загрузочный патрубок. Второй цапфой барабан через подшипники и корпус эксцентрика соединен с валом вибратора, подшипники которого являются второй опорой барабана

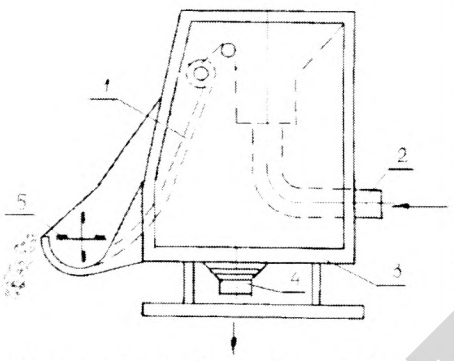


Рисунок 7.10 - Дуговое сито СДФ:
1 - полотно сита; 2 - подающая труба; 3 - корпус; 4 - отводная труба; 5 - отжимное и сбросное устройство

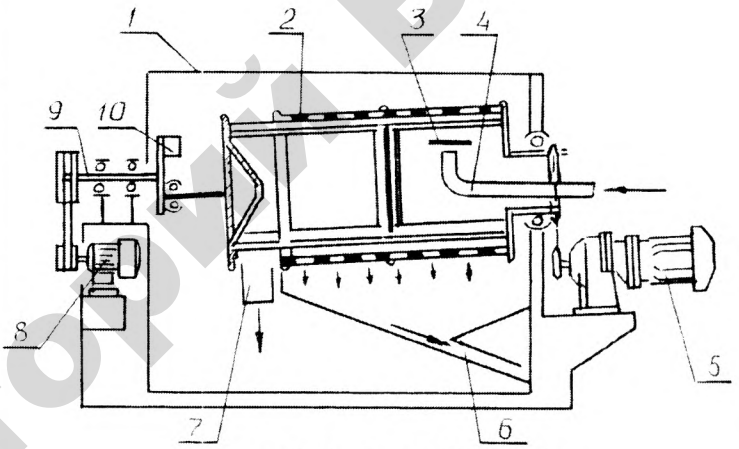


Рисунок 7.11 - Схема ГБН-100:
1 - кожух; 2 - перфорированный барабан; 3 - отражательный щиток; 4 - подводная труба; 5 - моторедуктор; 6 - труба для отвода жидкой фракции; 7 - выход твердой фракции; 8 - электродвигатель привода вибратора; 9 - вал вибратора; 10 - балансировочный груз

При работе виброгрохота жидкий навоз подают на перфорированную поверхность, который действием инерционных сил прижимается к фильтрующей поверхности, а за счет вибрации барабана перемещается в осевом направлении к выгрузному участку. Производительность барабанного виброгрохота 40...80 м^3/ч, влажность твердой фракции 86...88 %, эффективность разделения 30...50 %. Общая мощность электродвигателей 2,3 кВт. Барабанный виброгрохот имеет следующие недостатки: высокая влажность твердой фракции, восприимчивость к изменению влажности исходного навоза, необходимость периодической чистки сетки, измельчение твердых частиц, что приводит к снижению влажности жидкой фракции и необходимости дальнейшей ее очистки

На животноводческих комплексах для разделения жидкого навоза используются фильтрующие и осадительные центрифуги.

Репозиторий БГАТУ

Фильтрующая центрифуга УОН-700 (рис. 7.12) конструкции (ВНИИМЖ), состоит из рамы с закрепленным кожухом, внутри которого на валу установлен фильтрующий ротор с лопатками и шнек. В нижней части кожуха предусмотрен патрубок для отвода жидкой фракции.

Привод осуществляется от электродвигателя мощностью 23 кВт. через клиноременную передачу, для равномерного распределения массы по всей ширине сетки выход питателя выполнен в виде щели, параллельной оси ротора. Твердая фракция отводится шнеком, а жидкая - самотеком.

При работе в центрифугу навозная масса поступает через фильтрующую поверхность вращающегося ротора, вместе с которой движется к неподвижно установленному ножу. Жидкая фракция под действием центробежной силы проходит сквозь поры в сетке и лопатками выбрасывается из кожуха через патрубок. Твердая фракция ножом сбрасывается на шнек, который выводит ее из центрифуги.

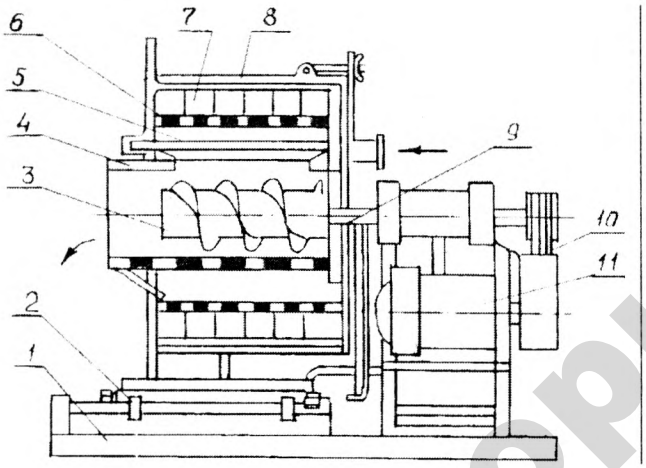


Рисунок 7.12 - Схема фильтрующей центрифуги УОН-700:
1 - рама; 2 - тележка мотора; 3 - шнек; 4 - кожух шека; 5 - нож; 6 - фильтрующий ротор; 7 - лопатка; 8 - кожух; 9 - вал; 10 - клиноременная передача; 11 - электродвигатель

Производительность центрифуги при исходной влажности 94...98 % составляет 60...100 $м^3$/ч. При этом влажность твердой фракции не превышает 78...82 %, жидкой - 96...98 %, эффективность осветления 40...65 %

К недостаткам УОН-700 и ее модификации относятся: быстрое истирание ножа и фильтровальной перегородки, низкая производительность при высокой энергоемкости, дробление крупных частиц и вытеснение их в жидкую фракцию - фугат. Значительное увеличение содержание сухого вещества в фугате вызывает необходимость разделения его в отстойниках, а высокая влажность твердой фракции требует дополнительного обезвоживания. Все это не позволяет широко использовать фильтрующие центрифуги на свиноводческих комплексах

Отличительной особенностью фильтрующей центрифуги конструкции Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИПТИМЭСХ) от центрифуги УОН-700 является наличие цилиндрическо-конического ротора с конусообразной перегородкой, обеспечивающей поддержание оптимального слоя обрабатываемого навоза в роторе. Высокая степень обезвоживания твердой фракции - основное преимущество центрифуги конструкции ВНИПТИМЭСХа. Однако, значительный вынос частиц с фильтратом, сложность конструктивного исполнения ротора, дробление частиц твердой фракции транспортирующим шнеком, быстрый износ и закупорка фильтровальной перегородки сдерживают внедрение центрифуги в производство

Сложность конструкции, большая энергоемкость, необходимость предварительного сгущения исходного навоза и подачи его под определенным давлением, загрязненность жидкой фракции и небольшая производительность не создают условий для применения центрифуги на крупных фермах и комплексах

Репозиторий БГАТУ

Взвешенные частицы из жидкого навоза под действием центробежных сил можно выделить не только в центрифугах, но и в аппаратах, не имеющих движущихся рабочих органов, например, в гидроциклонах

Гидроциклон представляет собой аппарат, состоящий из цилиндрической и конической частей. В цилиндрической части имеются два отверстия: одно - для подачи жидкого навоза, обеспечивающее поступление струи по касательной к внутренней поверхности цилиндра, другое - для выпуска осветленной фракции.

В вершине конической части гидроциклона находится нижнее сливное отверстие для выпуска сгущенной фракции. Под действием центробежных сил тяжелые частицы осаждаются на конусной части гидроциклона, а легкие поднимаются вверх.

Эффективность осветления в гидроциклоне составляет 45...75 %. Устойчивость работы гидроциклона зависит от однородности и постоянства концентрации исходного навоза, которые трудно обеспечить. Поэтому наиболее эффективно их используют для осветления жидкой фракции, полученной на фильтровальных установках. В этом случае они могут заменять громоздкие отстойники, выдавая при этом осветленную жидкую фракцию и сгущенный осадок влажностью 75...82 %, 90...92 % или 85 %.

Несмотря на компактность, малую металлоемкость, энергоемкость и простоту обслуживания, при работе гидроциклона быстро изнашивается внутренняя поверхность, забивается выходное отверстие твердой фракции.

Для дообезвоживания получаемой на виброгрохотах твердой фракции, пригодной для биотермического обеззараживания в буртах в естественных условиях, используют прессы шнековые ВПНД-5, ВПНД-10, ВПО-20, рис. 7.13, заимствованные из пищевой промышленности и специально изготовленный для переработки навоза - пресс-фильтр ПЖН-68.

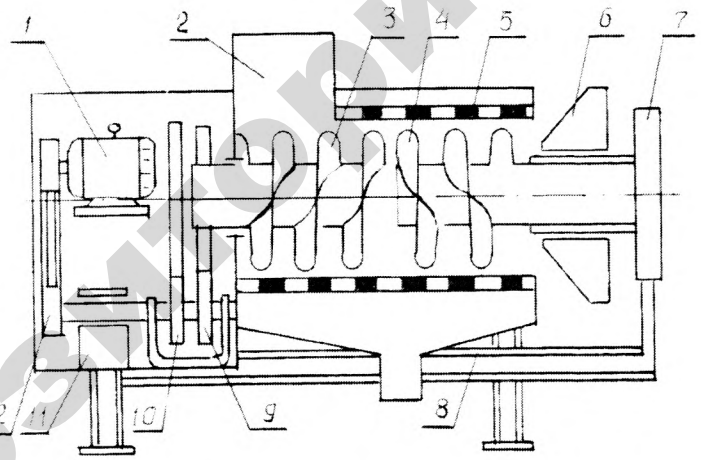


Рисунок 7.13 - Схема шнекового пресса ВПО-20:
1 - электродвигатель; 2 - загрузочный бункер; 3 - подающий шнек; 4 - прессующий шнек; 5 - перфорированный цилиндр; 6 - нажимной конус; 7 - гидропривод нажимного привода; 8 - кожух; 9 - передача на транспортирующий шнек; 10 - передача на прессующий шнек; 11 - редуктор; 12 - клиноременная передача

Пресс-фильтр ПЖН-68 состоит из рамы, корпуса и перфорированного цилиндра, транспортирующего и прессующего шнеков, нажимного корпуса, гидропривода и электродвигателя с редуктором, рис. 7.14.

Репозиторий БГАТУ

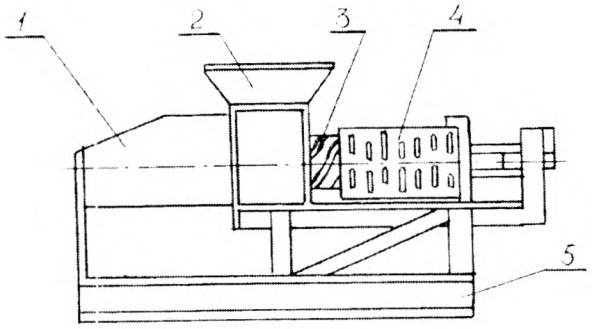


Рисунок 7.14 - Схема пресс-фильтра ПЖН-68: 1 - электропривод; 2 - загрузочная воронка; 3 - прессующий шнек; 4 - сепарирующий барабан; 5 - станина

При поступлении в загрузочную горловину исходного навоза влажностью 82...89 % транспортирующим шнеком он перемещается в перфорированный цилиндр. Под действием двух шнеков, вращающихся с разной скоростью, происходит отжатие массы, сопровождающееся выделением жидкости, которая через отверстие в цилиндре отводится в емкость. По конструктивному исполнению прессы ВПНД-5, ВПНД-10 и ВПО-20 от ПЖН-68 отличаются незначительно, их производительность по исходному навозу составляет 5, 10, 20 и 17 т/ч соответственно, влажность твердой фракции после разделения - 65...70, жидкой - 96...98 %.

Недостатками, ограничивающими применение шнековых пресс-фильтров, являются: большая энергоемкость и металлоемкость, получение фильтрата пониженной влажности, сложность в обслуживании, заключающаяся в постоянной чистке шнека и перфорированного цилиндра, восприимчивость к изменению и ограничению влажности исходного навоза.

Наиболее полно вышеизложенным требованиям отвечает механическая технология разделения навоза, разработанная во ВНИИМЖ (в соответствии с (рис. 7.15).

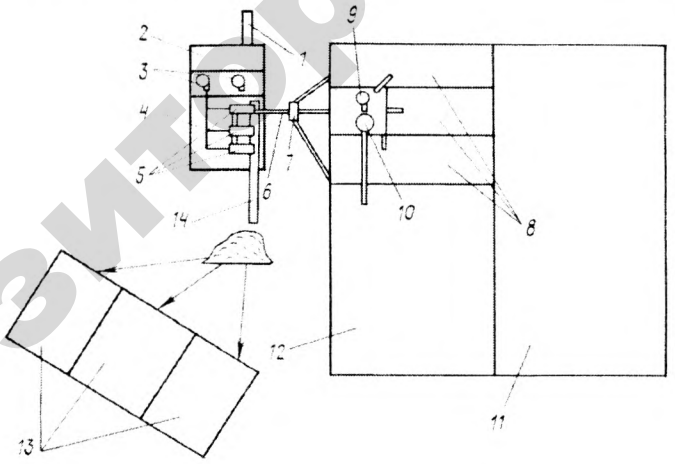


Рисунок 7.15 - Принципиальная схема технологии подготовки к использованию бесподстилочного навоза на основе механического разделения его на фракции:
1 - трубопровод; 2 - приемный резервуар; 3 - насосы; 4 - цех разделения навоза на фракции; 5 - центрифуги; 6 - самотечный коллектор; 7 - распределительная камера; 8 - карантинные емкости; 9 - насос; 10 - аппарат вихревого слоя; 11, 12 - накопители жидкой фракции; 13 - карантинные емкости; 14 - транспортер

В соответствии с предложенной технологией исходный навоз от животноводческих помещений по напорному трубопроводу подается в приемный резервуар, совмещенный с цехом разделения. Из приемного резервуара предварительно перемешанный навоз поступает на центрифуги, от-

Репозиторий БГАТУ

куда жидкая фракция самотеком отводится через распределительную камеру в карантинные емкости, твердая — транспортером на площадку для временного хранения, а затем периодически бульдозером загружается в карантинные емкости. После карантинирования твердая фракция мобильным транспортом вывозится на полевые площадки для биотермического созревания, жидкая — насосом забирается из карантинной загружается в накопители. Из накопителей жидкая фракция по мере необходимости насосами подается в систему орошения.

Для одностадийного разделения жидкого навоза различных животных на фракции используется универсальная фильтрующая центрифуга ЦН-Ф-50. Исследованиями установлено, что производительность центрифуги в основном зависит от диаметра отверстий фильтрующей перегородки. Значительно меньшее влияние на этот показатель оказывает влажность исходного навоза. Так, при работе с навозом крупного рогатого скота изменение диаметра отверстии от 0,75 до 2 мм (влажность исходного навоза от 94,3 до 98,2%) позволяет увеличить производительность центрифуги на 28...40 т/ч. В то же время изменение влажности жидкого навоза в тех же пределах при диаметре отверстий фильтрующей перегородки 2 мм обеспечивает увеличение производительности лишь на 22 т/ч. Подобная картина наблюдается и при разделении свиного навоза на фракции.

Для сгущения жидкого навоза, очищенного от крупных включений, разработан фильтрующий цилиндрический сгуститель. Процесс разделения навоза на фракции осуществляется на фильтрующем сите под действием центробежной силы, возникающей в закрученном потоке навозной массы (подача навоза насосом осуществляется по касательной к фильтрующей поверхности сита со скоростью 15...25 м/с). Сито набрано из поперечных колосников, изготовленных из стали марки 12Х18Н10Т; ширина щелей — 0,4 мм.

Для регулирования скорости потока навозной массы впускной патрубок снабжен кулачковым затвором, который изменяет ширину входной щели при повороте штока. Фильтрат удаляется из установки через отводной патрубок, а сгущенная навозная масса через центральный сливной патрубок направляется на окончательное обезвоживание.

Техническая характеристика сгустителя: производительность, до 150 $м^3$/ч; влажность - исходных стоков 96...99%, сгущенной массы 90...92%; габаритные размеры, 1016х712х880 мм. удельные затраты энергии на выполнение процесса сгустителем (с учетом энергии, расходуемой насосом) составляют не более 0,8 МДж/$м^3$.

Для окончательного обезвоживания сгущенной фракции АО «Пензхиммаш» выпускает лопастную фильтрующую центрифугу. Сгущенная навозная масса распределительным устройством направляется на фильтрующие лопасти, где непосредственно и осуществляется ее дальнейшее обезвоживание. Выход осадка производится при помощи радиального отвода, а фильтрат собирается в камере, расположенной под ротором, а затем через пеногаситель сбрасывается в резервуар.

Расход энергии лопастной центрифуги на 1 $м^3$ разделяемой навозной массы не превышает 1,8 МДж. Лопастная центрифуга может использоваться не только в составе технологической линии, но и самостоятельно для разделения полужидкого бесподстилочного навоза на фракции.

На фермах с небольшим выходом жидкого или полужидкого навоза (малые фермы или фермерские хозяйства) с экономической точки зрения нецелесообразно использовать предлагаемый выше комплект оборудования. Для разделения навоза на фракции на таких фермах АО «Пензхиммаш» выпускает коническую центрифугу с инерционной выгрузкой осадка (рис. 7.16). Навозная масса подается на днище ротора и далее через сферическую вставку, где, разгоняясь до необходимой скорости, поступает на первую ступень (конус). Здесь скорость движущегося по ситу слоя навоза падает почти до нуля, после чего попадает в промежуточную сферическую вставку, где вновь разгоняется до определенной скорости и поступает на следующую ступень ротора. Твердая фракция навоза сбрасывается в кольцевую камеру между корпусом и ротором.

Репозиторий ГГАУ

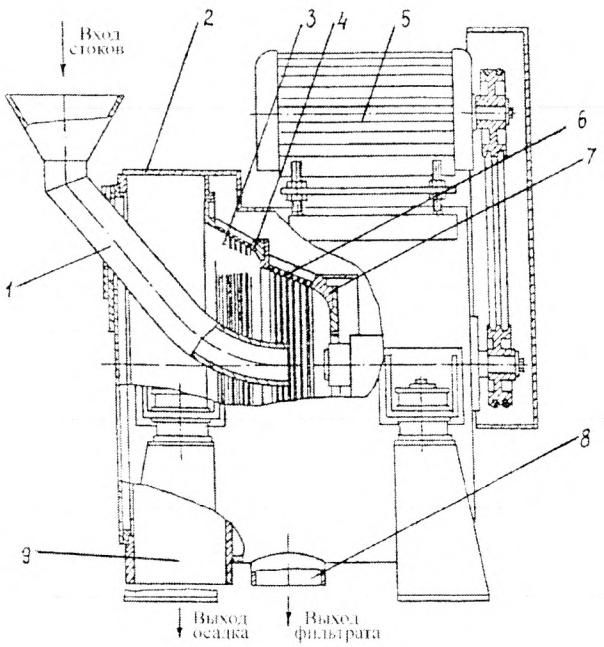


Рисунок 7.16 — Коническая центрифуга: 1 - питатель; 2 - корпус; 3, 6 - ступени ротора; 4, 7 - сферические вставки; 5 - электродвигатель;8 - патрубок отвода фильтрата; 9 - патрубок отвода твердой фракции

Техническая характеристика центрифуг производства АО «Пензхиммаш» представлена в табл. 7.10.

Большие перспективы, по мнению специалистов ХИМЭСХ (г. Харьков, Украина), имеют фильтры с использованием побочных сельскохозяйственных материалов (солома, опилки, торф и др.), обеспечивающие одновременно с фильтрацией подготовку лучшей формы органических удобрений для внесения в почву. Причем такие фильтры способны задерживать и часть коллоидов, находящихся в крупноагрегатном состоянии.

Количественные и качественные показатели работы соломенных фильтров зависят от толщины слоя, его плотности, равномерности распределения подачи стоков по поверхности и скорости перемещения соломенного слоя.

Таблица 7.10 - Техническая характеристика центрифуг производства АО «Пензхиммаш»

Показатель	Лопастная центрифуга	Коническая центрифуга
Производительность, м3/ч	До 50	До 15
Установленная мощность, кВт	22	7,5
Влажность, %		
исходной навозной массы	90…92	До 94
твердой фракции	70…72	До 74
Ширина щели между колосниками фильтрующего сита, мм	0,4	
Габаритные размеры, мм	1890x1250x1120	1130x1240x1180
Масса, кг	1120	505

Оптимальная толщина соломенного фильтра при разделении жидкого навоза свиноводческих комплексов влажностью 96...98% находится в пределах 0,18...0,22 м при плотности соломы 30...35 кг/м^3. В процессе фильтрования соломенный фильтр задерживает от 20 до 50% твердой фракции, находящейся в исходной смеси. При этом в соломе задерживались практически все частицы размером более 0,5 мм. Влажность получаемого фильтрата составляет 98...99%, а влажность компоста — около 70%.

Репозиторий БГАТУ

Полученная с помощью соломенного фильтра масса, включающая солому и твердую фракцию органического вещества жидкого навоза, после компостирования является ценным органическим удобрением.

Компания Röhren- und Pumpenwerk BAUER GmbH выпускает СЕПАРАТОР S650 (рис.7.17), который предназначен для разделения навоза на жидкую и твердую фракции.

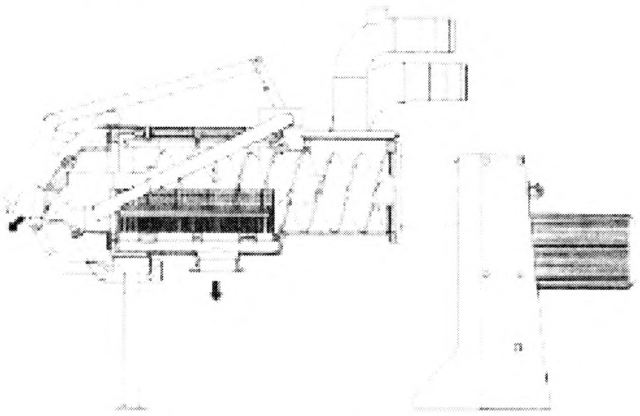


Рисунок 7.17 - Шнековый сепаратор S650

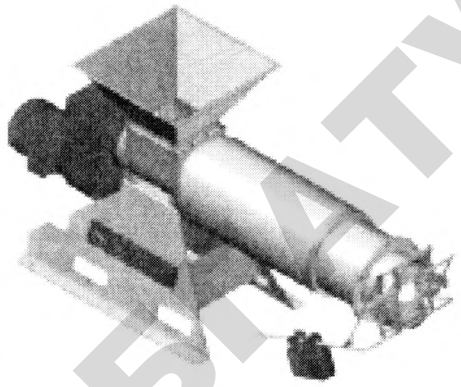


Рисунок 7.18 - Шнековый сепаратор PSS

Состоит из рамы, цилиндрического горизонтального корпуса, рабочего органа в виде шнека, подпружиненной заслонки выходного отверстия для твердой фракции, сита, отверстия для выхода жидкой фракции, привода и пульта управления. Регулировка степени разделения навоза на жидкую и твердую фракции осуществляется при помощи перемещения противовесов на штангах заслонки выходного отверстия.

Техническая характеристика: производительность при сепарации, $м^3/ч$, навоза крупного рогатого скота - 15, свиного навоза – 20, птичьего помета - 10; установленная мощность - 5,5 кВт; влажность фракций навоза после сепарации; жидкой -79…85 %, твердой – 15…30 %; ширина ячеек сита - 0,3; 0,5; 0,75; 1,0 мм.

FAN SEPARATOR GmbH выпускает шнековый сепаратор PSS (рис. 7.18) предназначенный для разделения навоза сельскохозяйственных животных и помета птицы на жидкую и твердую фракции.

Состоит из рамы, горизонтального цилиндрического корпуса, прессующего шнека, щелевого цилиндрического сита, заслонки, электропривода и пульта управления.

Регулировка степени разделения навоза на жидкую и твердую фракции осуществляется при помощи перемещения противовесов на штангах заслонки выходного отверстия. Влажность твердой фракции — 45…75%.

Техническая характеристика шнекового сепаратора PSSпредсталвена в табл. 7.11.

Таблица 7.11 - Техническая характеристика шнекового сепаратора PSS

Модель	Производительность, $м^3/ч$	Установленная мощность, кВт
PSS 3.2/4.2/5.2-520	50	4,5…5,5
PSS 3.2/4.2/5.2-780	80	5,5…7,5
PSS 3.2/4.2/5.2-1040	100	7,5…11
PSS 8-800	150	18,5
PSS 8-1200	250	18,5…30
PSS 8-1600	350	30

Репозиторий БГАТУ

7.3.4 Очистка жидкой фракции от взвешенных частиц

Для очистки жидкой фракции от взвешенных частиц наибольшее применение нашли аэротенки. При обработке жидкой фракции в аэротенках, в среднем, количество взвешенных частиц снижается на 70...80 %, углерода на 25...40%.

После биологической очистки в аэротенках осветленная жидкость для доочистки может быть направлена после отстойников в биологические пруды или рыбоводно-биологические пруды.

Обработка навоза на земледельческих полях орошения основана на очищающих способностях почвы и почвенной микрофлоры под действием солнца, воздуха и жизнедеятельности растений. Органические вещества, содержащиеся в жидкой фракции навоза, проходя по капиллярам через активный слой почвы, окисляются до углекислого газа, воды, нитратов и сульфатов. Непрерывность окислительного процесса обеспечивается за счет постоянного поступления вместе с жидкостью атмосферного кислорода.

Земледельческие поля орошения отличаются от других типов очистных сооружений тем, что позволяют: сократить капитальные и эксплуатационные затраты; обеспечить получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур на малопродуктивных в обычных условиях землях. Вместе с тем следует отметить, что использовать жидкую фракцию навоза в течение года можно ограниченное время , при наличии полей орошения и залегания грунтовых вод не выше 2 м.

Для ускорения процесса осаждения взвешенных частиц и устранения цветности в практике очистки промышленных сточных вод и жидкой фракции навоза используют коагулирование. При добавлении к воде химических веществ-коагулянтов происходит осаждение взвешенных частиц и коллоидной взвеси. В качестве коагулянтов применяют сернокислый алюминий, хлорид железа, гидрооксид кальция, карбонат кальция, хлорид цинка, доза коагулянта в зависимости от pH воды, ее температуры наличия в ней бикарбонатов гуминовых кислот, характера взвеси и т.д. составляет от 0,1 до 30 % (от массы исходной фракции).

Для повышения эффективности коагулирования применяют ультразвук или дробное внесение разнотипных коагулянтов. С помощью коагуляции можно увеличить количество питательных веществ в осадке путем нарушения устойчивости коллоидно-дисперсной системы и переводом ионо-растворимых веществ в нерастворимые соединения.

Применение дробного коагулирования с предварительным сгущением осадков позволяет снизить влажность обезвоженного осадка на ленточных фильтр-прессах с 80...85 до 72...75 %, по сравнению с центрифугированием, что делает их конкурентоспособными.

Очистка жидкой фракции навоза только с использованием коагулянтов сдерживает их применение из-за большого расхода дорогостоящих материалов.

Электрокоагуляция основана на пропускании через сточные воды постоянного электрического тока с помощью погруженных заряженных электродов. В результате обработки жидкости влажностью не менее 98,5 % в электрическом поле коллоидные частицы разноименно заряжаются, притягиваются друг к другу, уплотняются и выпадают в осадок в отстойнике

Электрокоагуляция имеет определенные преимущества перед обработкой сточных вод с использованием химических реагентов, упрощая технологию и эксплуатацию установок, но требует значительных затрат электроэнергии и металла, который в виде гидросмеси собирается в осадке.

Флотация - один из способов удаления из жидкой фракции нерастворенных примесей и пузырьков тонкодиспергированного в жидкости воздуха. Повышение устойчивости пузырьков воздуха достигается введением в поток реагентов-пенообразователей.

Недостатком флотации являются - высокая влажность пенного продукта (91...93 %) и связанная с этим необходимость его обезвоживания, высокие эксплуатационные издержки и небольшая производительность.

Хорошие показатели качества очистки жидкой фракции навоза достигнуты на экспериментальной ультрафильтрационной установке, принцип действия которой основан на использовании полупроницаемых мембран, через которые проходит очищенная жидкость. Очищенная таким способом вода может использоваться на орошении и смыве осадка из каналов. Ультрафильтрацион-

Репозиторий БГАТУ

ные установки позволяют сократить в 4...5 раз земельные площади под очистные сооружения и уменьшить загрязнение окружающей среды. Однако, из-за низкой производительности 140 (л/ч)/м^2 и сложности технологического процесса, этот способ не нашел применения на животноводческих комплексах

7.3.5 Средства гомогенизация навоза

Распространенными способами обработки жидкого навоза перед использованием являются гомогенизация и компостирование.

Стационарная мешалка 1031 (рис. 7.19), выпускаемая Lothar Becker Agrartech-nik, предназначена для перемешивания жидкого навоза в биореакторах для производства биогаза. Состоит из разъемного кожуха с фланцами и уплотнительными прокладками, размещенного в нем вала с пропеллером и привода. Привод вала с пропеллером осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу. Конструктивное исполнение привода, который размещается с внешней стороны биореактора в нижней его части, предусматривает возможность привода от ВОМ трактора напрямую.

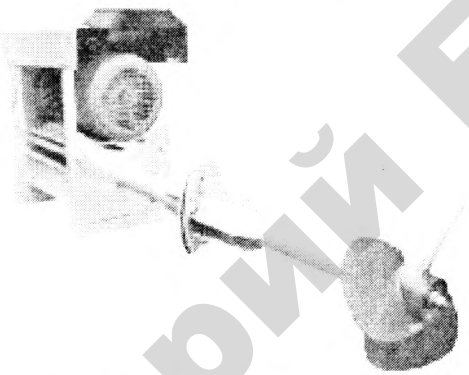


Рисунок 7.19 - Мешалка 1031

Техническая характеристика: установленная мощность - 15, 18,5,22 кВт, частота вращения вала двигателя - 1000 мин$^{-1}$; частота вращения пропеллера - 312…335 мин$^{-1}$; диаметр пропеллера - 560, 600 мм. Изготовитель — CRI-MAN.

Для гомогенизации бесподстилочного навоза производится погружная мешалка-гомогенизатор серии ТВН (рис. 7.20) (Изготовитель CRI-MAN).

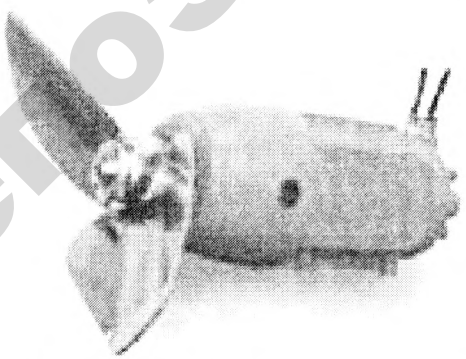


Рисунок 7.20- Мешалка-гомогенизатор серии ТВН

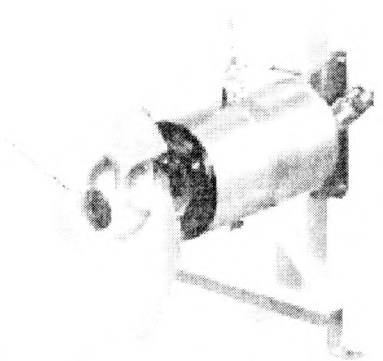


Рисунок 7.21 - Погружная мешалка

Репозиторий БГАТУ

Техническая характеристика: производительность 585…6702 м^3/ч; установленная мощность - 1,5…18,5 кВт.

Погружные мешалки (рис. 7.21) (изготовитель — ITT Flygt Pumpen GmbH) предназначены для перемешивания жидкого навоза в навозохранилищах и биореакторах при производстве биогаза. Состоят из погружного электродвигателя, на валу которого установлен пропеллер с тремя лопастями, вертикальной опоры, устройства крепления к опоре и лебедки с тросом для перемещения вдоль опоры. Электродвигатели работают при различной температуре среды — 40, 70 и 90°С. Установленная мощность мешалок — 3,3…31 кВт.

Щелевые мешалки типа *К* (рис 7.22) предназначены для перемешивания навоза крупного рогатого скота в подпольных навозохранилищах. Состоят из рабочего органа, электропривода и рамы-тележки. Рабочий орган выполнен в виде плоской и длинной мечеобразной рамы, состоящей из двух узких пластин, между которыми установлен вал привода мешалки. На конце вала закреплено лопастное перемешивающее устройство толщиной, не превышающей толщину мечеобразной рамы и диаметр приводного вала. Конструкция рамы-тележки выполнена без устройства для вертикального опускания рабочего органа с электроприводом. Размещение мечеобразного рабочего органа между щелями пола (размер щели 30х220 мм) осуществляется за счет поворота рамы вокруг опорных колес тележки. Изготовитель — Karl Buschmann Maschinenbau GmbH.

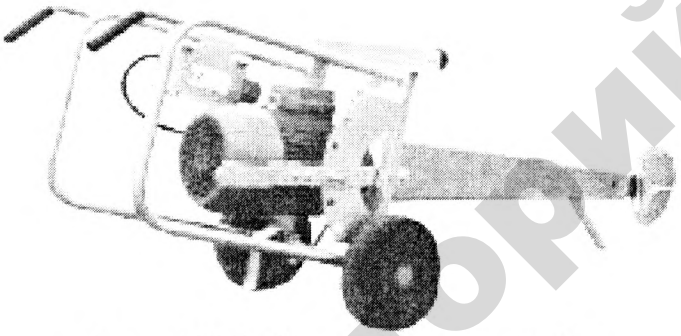


Рисунок 7.22 - Щелевая мешалка типа К

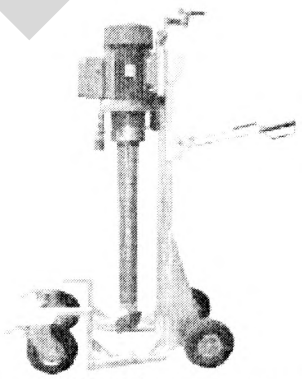


Рисунок 7.23 - Щелевая мешалка SP

Техническая характеристика щелевых мешалок типа *К* представлена в табл. 7.12.

Щелевые мешалки SP (рис. 7.23) предназначены для перемешивания навоза сельскохозяйственных животных в подпольных навозохранилищах. Состоят из рабочего органа, электродвигателя и рамы.

Рабочий орган выполнен в виде плоской и длинной мечеобразной рамы, состоящей из двух узких пластин, между которыми установлен вал привода мешалки. На конце вала закреплено лопастное перемешивающее устройство толщиной, не превышающей толщину мечеобразной рамы и диаметр приводного вала.

Таблица 7.12 - Техническая характеристика щелевых мешалок типа *К*

Модель	Установленная мощность, кВт	Длина рабочего органа, мм	Ширина мешалки, мм
К-065	5,5	650	550
К-080	5,5	800	550
К-095	5,5	950	550
К-125	5,5	1250	550
К-150	5,5	1500	550

Репозиторий БГАТУ

Для выполнения рабочего процесса перемешивания навоза не требуются специальные люки в полу помещения, нет необходимости в съеме каких-либо его фрагментов, поскольку рабочий орган мешалок размещается в щели пола. Минимальные размеры щелей пола, обеспечивающие беспрепятственный ввод рабочего органа в подпольное пространство, должны быть: в свиноводческих помещениях — 17х160 мм (при мощности двигателя 5,5 кВт) и 17х200 мм (при мощности двигателя 7,5 кВт); в помещениях для содержания крупного рогатого скота — 23х200 мм.

Пульт управления мешалок оснащен переключателем для изменения направления вращения вала рабочего органа. Конструктивное исполнение фланца привода позволяет очень быстро отсоединять от него мечеобразную раму рабочего органа, что позволяет тратить минимум времени на смену рабочих органов в зависимости от типа помещения и глубины подпольного навозохранилища. Кроме того, это дает возможность с помощью лебедки опустить привод мешалки в нижнее положение (без рабочего органа), что является наиболее удобным его положением при транспортировке.

Для повышения качества смешивания в навоз с высоким содержанием сухого вещества может подаваться вода. Для этого в нижнем подшипнике приводного вала имеется специальное отверстие. Изготовитель — KARL BUSCHMANN MASCHINENBAU GmbH.

Техническая характеристика щелевых мешалок SP представлена в табл. 7.13.

Таблица 7.13 - Техническая характеристика щелевых мешалок SP

Модель	Установленная мощность, кВт	Высота мешалки, мм	Длина рамы рабочего органа, мм	Ширина мешалки, мм
SPR-75-070	7,5	1510	700	600
SPR-92-070	9,2	1510	700	600
SPR-75-100	7,5	1720	1000	600
SPR-92-100	9,2	1720	1000	600
SPR-75-130	7,5	2010	1300	600
SPR-92-130	9,2	2010	1300	600
SPR-75-150	7,5	2010	1500	600
SPR-92-150	9,2	2010	1500	600

Навозохранилища-гомогенизаторы являются дорогостоящими, громоздкими сооружениями, потребляют много энергии, при длительном хранении и перемешивании жидкого навоза потери азота составляют до 50 %, сухого вещества до 14 %. Кроме того этот способ не обеспечивает полного обеззараживания жидкого навоза от яиц и личинок гельминтов и способствует загрязнению окружающей среды

7.3.6 Механические средства уборки навоза

Одним из первых средств механизации на фермах были подвесные и наземные вагонетки, загружаемые и перемещаемые вручную по рельсам за пределы помещения; использование этих средств требовало значительных затрат ручного труда.

К *мобильным средствам уборки навоза* относятся скребок-бульдозер (бульдозерная навеска) БН-1 и бульдозер-скребок навесной БСН-1,5. Мобильные средства сбора подстилочного навоза применяются как при привязном, так и беспривязном содержании. Навозные проезды должны иметь ширину 2,2…2,7 м. Для того чтобы избежать охлаждения помещений, делают въездные ворота вагонного типа и создают защитные воздушные завесы забором воздуха из средней части помещения.

В основе мобильного агрегата лежит трактор (ЛТЗ либо МТЗ), оснащённый бульдозерной навеской. Данным агрегатом навоз удаляется из навозных проходов (открытого типа) животноводческих помещений и подаётся в поперечный канал, который находится внутри помещения, либо

Репозиторий БГАТУ

навоз выталкивается непосредственно в хранилище, располагающееся недалеко от фермы Помимо этого трактор применяется на ферме и для прочих работ, таких как раздача кормов и прочее При уборке навоза ширина захвата составляет 1.8…3 м а подача - от 20 т за 1 ч (чистого времени).

К *стационарным навозоуборочным средствам* относятся скребковые транспортеры кругового движения ТСН-2,0Б, ТСН-160; скреперные установки возвратно-поступательного движения УС-15 и УТН-10; скреперные тросо-штанговые установки ТС-1. Новая модификация навозоуборочного транспортера ТСН-160 для уборки навоза из поперечных каналов (конвейер навозоуборочный поперечный КПН-100) и модификация скреперной установки УС-250 с длиной контура до 250 м. Предусмотрена также разработка новой модификации скреперной установки для уборки навоза из-под щелевых полов и комплекта оборудования каналов гидравлических систем. Стационарные навозоуборочные транспортеры типа ТСН и скреперные установки УС-15 могут применяться при привязном или беспривязном способе содержания, как при подстилочном, так и при бесподстилочном содержании животных.

Цепные навозоуборочные транспортеры ТСН-160 и ТСН-2.0Б применяются только при привязном содержании животных. При использовании скреперных установок в случае привязного бесподстилочного содержания коров в целях сокращения затрат труда на очистку стойл и проходов от навоза длина стойл должна быть сокращена до 1500…1650 мм, а навозоприемный лоток расширен до 550 мм. При этом высота переднего края кормушки не должна превышать 250 мм, с тем, чтобы корова могла лежа свободно держать голову над кормушкой. Фиксация животных в необходимом положении достигается за счет соответствующей конструкции ограждения кормушки, а также путем применения разделителей. В оборудованных таким образом помещениях затраты ручного труда на очистку стойл сокращаются в 2 раза.

Если сборный поперечный коллектор расположен в торце помещения, то приводные станции скреперных установок следует размещать в нем же за поперечным коллектором; их установка в противоположном торце может привести к увеличению усилия в тяговой цепи на 25 % и как следствие к ускорению ее износа. Места сброса навоза в поперечный канал лучше всего выполнять в виде открытых огражденных люков шириной 400 мм, а длиной — на 200 мм больше ширины лотка. Если устройство открытых люков в конкретных условиях невозможно, то канал перекрывают шарнирно-закрепленной крышкой, приподнимает мой автоматически при подходе скребка скреперной установки. С этой целью его оборудуют клином, выступающим вперед по ходу его на 800…1000 мм.

Транспортировку навоза вдоль поперечных каналов осуществляют транспортерами ТСН-2.0Б, а также установками УСН-8 и УС-10. Установки УСН-8 и ТС-1 благодаря их большой длине могут собирать навоз из двух или более рядом стоящих животноводческих помещений. В этом случае участки канала, находящиеся между помещениями, на зимний период должны быть надежнее утеплены. Наклонный транспортер следует делать несколько длиннее с таким расчетом, чтобы в случае выхода из строя поршневой установки или закупорки навозопровода можно было бы и выгрузить навоз непосредственно в тракторный прицеп. Такое резервирование позволяет достигнуть высокой надежности процесса транспортирования навоза за пределы территории фермы.

В целях предохранения наклонных транспортеров от замерзания в суровые зимние месяцы необходимо, чтобы в тамбуре, а давление воздуха было выше атмосферного. Для этого достаточно с помощью небольшого вентилятора подавать в него воздух из помещения для содержания животных. Обычный центробежный вентилятор устанавливают в проеме стены, отделяющей тамбур от животноводческого помещения, и снабжают дефлектором, направляющим поток воздуха непосредственно на наклонный транспортер. Разумеется, эта мера эффективна только в том случае, если ворота тамбура закрываются достаточно плотно. Без этого невозможно создать в нем необходимый подпор.

Роторное навозоуборочное устройство, совмещенное с круглыми кормушками позволяет, используя один привод, раздавать корм в автоматическом режиме и одновременно убирать навоз в станках. Устройство периодического действия, при этом работа складывается из очистки пола и накопления навоза на отвале скребка, перемещении его по полу и сброса в канализацию.

Репозиторий БГАТУ

Для уборки навоза из коровников используются шнековые транспортеры, срок службы которых составляет 8...10 лет или в два раза больше, чем транспортеров типа ТСН. Шнековые транспортеры устанавливаются в каналы, дно которых выполнено по радиусу, глубина продольного канала 450 мм, поперечного 800 мм. Каналы сверху перекрываются решетками, изготовленными из прутка диаметром 25 мм. Продольные транспортеры с правой и левой навивкой перемещают навоз в поперечный канал, выполненный по центру продольных каналов, откуда установкой УТН-10 перемещается в хранилище.

Считается, что на мелких молочных фермах лучшего, чем шнековый транспортер средства для уборки навоза с экономической и экологической точек зрения на сегодняшний день не существует.

Широкое распространение на фермах КРС получили скребковые транспортёры с возвратно поступательным и круговым движением скребков, а также штанговые скреперные установки, где скребки движутся возвратно-поступательно. В их число входят навозные транспортёры (ТСН-160А ТСН-2Б) системы скреперных транспортёров (УС-10 (поперечный) с УС-250 либо УС-15 (продольный; ТС-1-5 (поперечный) с ТС-1-2 (продольный); УСП-12 (поперечный) сУС-12 (продольный)).

Система скреперных транспортёров используется для удаления из коровников (животные содержатся без привязи) навоза транспортёрами УС-15 (УС-250) с возвратно поступательным движением скребков, которые относительно здания расположены продольно. Они перемещают навоз в канал (как правило единый для нескольких коровников размещённых в ряд), который относительно здания расположен поперечно, а затем транспортируют навоз посредством поперечного транспортёра УС-10 в навозосборник (общий).

В состав установки УС-Ф-170 входит приводная 1 (рис 7.24) и натяжная 2 станции, цепь 5, направляющие ролики 7, скребки 4 и 6, движущиеся возвратно-поступательно по навозоприёмной полости жёлоба, ширина которого равна ширине навозного прохода животноводческого сооружения. В процессе рабочего хода происходит раскрытие скребков в рабочее положение вследствие их трения о жёлоб перемещая массу на длину хода скребка. Холостой ход характеризуется складыванием скребка, при этом порции навоза остаются на полу жёлоба неподвижными. Этот навоз удалится при следующем рабочем ходе скребков.

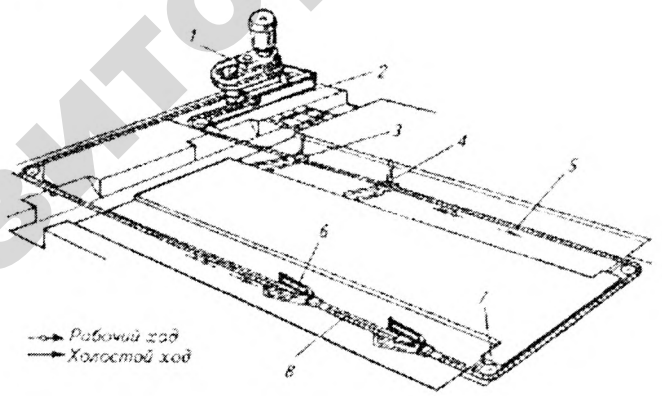


Рисунок 7.24 - Схема скреперной установки УС-Ф-170:
1 - приводная станция; 2 - натяжная станция; 3 – ползун; 4 – скребок; 5 – цепь; 6 – скребок; 7 - направляющий ролик; 8 – штанга

Скреперные установки УС-Ф-170, УС-15, УС-25 снабжены механизмом реверса перемещения скребков, действующим автоматически.

Комбискрепер JOZ (рис 7.25) предназначен для удаления навоза из животноводческих помещений с бетонными полами при беспривязном содержании животных. Может использоваться для

Репозиторий БГАТУ

удаления навоза из навозных проходов с щелевыми полами. Состоит из скрепера, тягового органа, приводной станции и системы управления. Скрепер оснащен складывающимися боковыми балками. Дополнительно может оснащаться износостойкой резиновой вставкой. Тяговый орган может быть выполнен в виде литой цепи (13 мм) или троса (6 мм) в пластиковой оболочке (1 мм). Работа выполняется в автоматическом режиме с помощью системы управления.

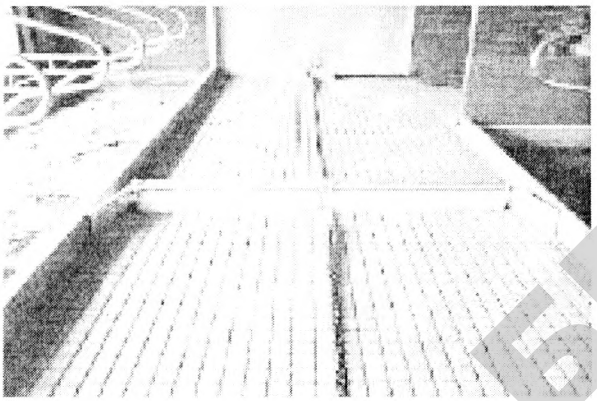


Рисунок 7.25 -Комбискрепер JOZ

Скреперные установки надёжно убирают навоз, влажность которого не превышает 90 %. В скреперных транспортёрах действующих возвратно поступательно перевод скребков в рабочий режим, а также холостое положение осуществляется посредством трения скребков о поверхности канавок. Часть навозной массы при этом не захватывается.

Скребковый навозоуборочный транспортер кругового действия ТСН – 2,0Б предназначен для уборки навоза из животноводческих помещений и погрузки его в транспортные средства. Он состоит из горизонтального и наклонного транспортеров, каждый из которых имеет свой привод, и шкаф шкафа управления. Горизонтальный транспортер, включающий кованную цепь со скребками, поворотное устройство и приводную станцию, размещается в открытом бетонированном лотке, внутренняя стенка и дно которого облицовано досками. Натяжение цепи горизонтального транспортера осуществляется путем перемещения подвижной рамы приводной станции. Наклонный транспортер имеет такую же, как и у горизонтального, кованную цепь со скребками, металлический желоб с опорной стойкой, поворотное устройство и привод, перемещением которого регулируется натяжение цепи. Транспортер устанавливается под углом к горизонту не более 30°, благодаря чему обеспечивается подача навоза на высоту 2680 мм от нулевой отметки пола коровника. Скорость движения цепи наклонного транспортера значительно выше, чем горизонтального, что необходимо для обеспечения выгрузки жидкого навоза.

Скребковый навозоуборочный транспортёр ТСН-160Б с круговым движением скребков служит для удаления из животноводческих помещений навоза с его одновременной погрузкой в кузов автомобиля.Он состоит из горизонтального и наклонного транспортеров и шкафа управления.

Горизонтальный транспортёр состоит из круглозвенной неразборной замкнутой калиброванной термоупрочнённой цепи якорного типа с укрепленными на ней металлическими скребками, приводной станции (мощность 4 кВт), автоматическое самонатяжное устройство гравитационного действия и поворотные устройства и привод.

В состав приводной станции входят электродвигатель, двухступенчатый редуктор с передаточным числом 38,86 и расположенное за ним ременная пятиручьевая передача.

Горизонтальный транспортер укладывается в бетонный лоток, внутренняя часть дна которого армируется стальной полосой 4х20 мм. Наклонный транспортер имеет такую же круглозвенную цепь со скребками, металлический желоб с опорной стойкой, поворотное и натяжное устройства и

Репозиторий БГАТУ

привод, состоящий из электродвигателя и двухступенчатого цилиндрического редуктора с передаточным числом 27,85. Скорость движения скребков равна 0,19 м/с.

Звенья транспортера ТСН–160 (16х80 мм) заготавливаются из прутка диаметром 20 мм. Соединение скребков с цепью транспортёра выполнено посредством болтов и кронштейнов, которые приварены к звеньям цепи (шаг 1120 мм).

Дно навозного канала (по всей длине) имеет соответствующую выемку для скребков которые фиксируются к цепи сверху либо монтажную полосу, предназначенную для скребков фиксирующихся снизу.

Полоса предназначена для предохранения от истирания дна навозного канала скребками. Транспортёр снабжён натяжным устройством, обеспечивающим натяжение цепи (автоматически: вовремя компенсирующее её износ и вытягивание).

Наклонный транспортёр имеет форму металлического жёлоба с перемещающейся по нему за счёт индивидуального привода (мощность 1,5 кВт) цепи якорного типа, снабжённой скребками (шаг 650 мм). Натяжение цепи наклонного транспортера регулируется винтом. Он устанавливается под углом не более 30˚ к горизонту, что позволяет обеспечивать подачу навоза на высоту 2650 мм от нулевой отметки пола коровника. Высота помещения, в котором устанавливается транспортер, должна быть не менее 3350 мм. Опорой верхней части транспортёра служит опорная стойка. скорость движения цепи, равную 0,72 м/с. Для обеспечения дистанционного управления транспортёрами, а также автоматического отключения (в случае аварийных режимов) предусмотрен шкаф управления.

При температуре воздуха ниже 263 К помещения, в котором размещается наклонный транспортер, должно отапливаться.

В процессе уборки навоз сбрасывается вручную (от трёх раз в сутки) на горизонтальный транспортёр, двигающийся по кругу и перемещающий его к месту сбрасывания на наклонный транспортёр. Наклонный транспортёр принимает навоз с горизонтального и направляет его в кузов транспортного средства. Один транспортёр рассчитан на обслуживание порядка 100…110 коров содержащихся на привязи и размещённых в 2 ряда. Цепь горизонтального транспортёра должна быть не более 160 м длиной Подача навоза - не более 4,5 т/ч.

За рубежом применяются скребковые транспортеры фирм «Сафиз»,«Анфор», «Фарабол», «Рибер», скреперные установки фирм «Ширхольц», «Альфа-Лаваль» и другие. В Германии выпускают три модели электромобильных навозоуборщиков-погрузчиков.

Применение транспортеров кругового движения (ТСН-2,0, ТСН-2,0Б, ТСН-160, ТСН-160А), возвратно поступательного действия (ТС-1,0) шнекового (ТШ-30А), скреперных установок (УС-10, УС-15, УС-250, УСФ-170 и УСП-12), бульдозеров позволило снизить затраты труда на уборку навоза за счет механизации перемещения навоза по каналам и погрузку его в транспортные средства.

Уборка навоза механическими средствами содержит в себе несколько негативных моментов, главные из них: повышение загазованности воздуха аммиаком, углекислым газом, сероводородом, иногда в количествах, превышающих предельно-допустимые концентрации (ПДК), что приводит к обесцениванию навоза как органического удобрения из-за снижения содержания азота, фосфора, углерода, содержание микроорганизмов в воздухе достигает 1 млн./м^3.

При уборке навоза с помощью бульдозера в зимнее время происходит охлаждение и наполнение выхлопными газами помещения.

Потеря массы при перемещении навоза достигает более 10 % от исходного навоза: размазывается по стенкам каналов, переносится ногами животных, остается на волосяном покрове животных, часть уносится колесами трактора, из него испаряется влага. В случае возникновения эпизоотии появляется опасность заражения всех животных, находящихся в помещении, а получаемый навоз достигает влажности 94...96 %, создавая трудности при дальнейшей его переработке и особенно обеззараживании.

Транспортеры и скреперные установки металлоемки, ненадежны в работе (порывы цепи, соскакивание ее со звездочек, примерзание скребков выгрузного транспортера и т.д.) имеют малый

Репозиторий БГАТУ

срок службы, значительный расход электроэнергии, требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Уборка навоза с помощью контейнеров и каналов с перфорированным дном не нашла широкого применения. Этим средствам уборки присущи те же недостатки, что и транспортерам и скреперным установкам.

7.3.7 Анализ способов и средств транспортировки навоза

Для транспортировки навоза, получаемого при механических способах уборки, используют тележки различной вместимости, бульдозеры (твердый навоз), пневматические (УИН-15), поршневые гидрофицированные установки УТН-10 (полужидкий навоз).

Применение пневматических и поршневых гидрофицированных установок позволяет значительно улучшить санитарно-гигиенические условия труда, снизить в 4...5 раз площади для внутрифермского транспорта в сравнении с мобильными средствами. Возможность перемещения бесподстилочного навоза пневматическими и гидрофицированными установками доказана многими исследованиями. Вместе с тем ограниченное расстояние перемещения - 300...700 м, высокая стоимость устройств для подачи транспортируемого навоза, необходимость разбавления навоза водой, сложность обслуживания и риск в работе являются недостатками пневматических и поршневых гидрофицированных установок.

Для перевозки жидкого навоза из мобильных средств, серийно выпускаемых промышленностью, наибольшее распространение получили машины РЖТ-8, РЖТ-16, МЖТ-10 и другие, оборудованные автономными вакуумными (заборными) насосами и распределительными устройствами (центробежные насосы). Управление наполнением, перемешиванием, распределением навоза по полю осуществляется дистанционно. Аналогичные устройства нашли применение и в зарубежных странах - Италии, Англии, США, Германии, Японии и Швеции, имеющие некоторые конструктивные особенности, но работающие по аналогичному принципу.

Исследования технологического процесса мобильных средств показали, что 30...50 % рабочего времени затрачивается на основную работу, а остальное расходуется на погрузо-разгрузочные операции, движение порожних агрегатов, в результате чего складывается высокая себестоимость перевозок.

Транспортировка навоза мобильными средствами требует увеличения парка машин, что в конечном счете связано с увеличением капитальных вложений и привлечения значительного числа механизаторов. Кроме того, применение большегрузных тележек и емкостей с тракторами Т-150К иК-701 приводит к переуплотнению и разрушению почвы, снижению плодородия и урожая сельскохозяйственных культур.

При отсутствии автономных средств загрузки полужидкого и жидкого навоза в транспортные средства применяют установки НПК-30, УН-10, шнековые насосы НШ-50, НЖН-200, ПНЖ-250 и другие.

Большой объем получаемого навоза влажностью более 96 % сделал использование мобильных средств для его транспортировки экономически невыгодным, а в санитарном и экологическом отношениях небезопасным.

Получение большого количества жидкого навоза на животноводческих фермах и комплексах явилось основой разработки и применения фекальных и шнековых насосов для его транспортирования на расстояние 2...5 км.

За рубежом для транспортировки жидкого навоза по трубам используют центробежные, поршневые и мембранные насосы. [Причем рекомендуется применять гидротранспорт, если животноводческий комплекс насчитывает более 1000 условных голов скота, при ежегодном выходе навоза более 25000 т и среднем расстоянии транспортировки не менее 6...8 км.

Результаты исследований показывают, что транспортировать жидкий навоз по трубам, исходя из технико-экономических, организационных и природоохранных факторов, целесообразно на

Репозиторий БГАТУ

животноводческих предприятиях, навозохранилища которых расположены на расстоянии более3 км.

Применение гидротранспорта позволяет избежать загрязнения территории фермы, опасности распространения инфекции и инвазии в пределах фермы и вне ее, повысить производительность в 1,5...2 раза, снизить затраты труда на 15...20 %, приведенные затраты на 30 % и автоматизировать все процессы.

Одним из необходимых составных элементов гидротранспорта является насосная станция. В практике животноводческих предприятий встречаются совмещенные насосные станции, где насосные агрегаты и навозоприемник расположены в одном помещении и раздельные; при этом устанавливаются насосы: под заливом, самовсасывающие, насосы с питателем-измельчителем и вертикальные.

Транспортировку навоза влажностью 76…91 % за пределы территории фермы или комплекса в навозохранилище целесообразно осуществлять с помощью поршневых установок для транспортирования навоза УТН-10.Установка УТН-10 предназначена для перемещения навоза (различной консистенции) непосредственно от животноводческих сооружений (в различных климатических зонах). Напорный трубопровод изготавливается из стальных труб диаметром 300 мм, и располагается ниже уровня промерзания грунта. Главным достоинством установок такого типа является возможность транспортирования, густого подстилочного навоза и подачи его в навозохранилище снизу «под уровень», что предотвращает его промерзание. Значительно улучшается также санитарное состояние ферм или комплексов.

Установка УТН-10 включает в себя поршневой толкатель трубопровод станцию гидропривода арматуру. Напор создаваемый станцией в гидросистеме приводит в действие поршень, а также всасывающе-нагнетательный клапан. При холостом ходе поршня окно загрузочной горловины открывается клапаном при этом навозная масса находящаяся в загрузочной воронке начинает поступать в рабочую камеру установки. Нагнетательный трубопровод закрыт. При рабочем ходе поршня происходит выталкивание навоза в напорный трубопровод (его клапан открыт тогда как клапан горловины загрузочного окна - закрыт). Трубопровод (диаметр 300 мм) заведён в навозохранилище под слой навоза, что не даёт ему промёрзнуть.

Установка УТН-10 способна перемещать не только навоз с подстилкой (влажность от 75…76%), но и жидкий навоз. Транспортировочный путь имеет длину порядка 50…I50 м.

Выгрузка навоза из открытых навозохранилищ либо навозохранилищ траншейного типа, которые находятся отдельно либо под полом животноводческого сооружения где животные содержатся на нулевых полах происходит посредством скреперных установок (УВН-80С и грейферных приспособлений).

Строятся утеплённые (специальные; навозосборники, вместимость которых достигает суточного объёма навоза, который перегружается ковшовыми погрузчиками (типа НПК-30; либо планчатым транспортёром в транспортные средства).

Выгрузка жидкого навоза из навозосборников производится посредством пневмотранспортной установки УПН-15, а также насоса НЖН-200 шнекового типа, центробежных насосов либо забирается с помощью вакуумных цистерн.

Установка насосов *под заливом*, хотя и распространена, но имеет существенные недостатки: большая стоимость строительства, трудность в создании гидроизоляции, большая трудоемкость при смене или ремонте насосов, неудовлетворительные условия труда обслуживающего персонала.

Самовсасывающие насосы, имеющие обратный клапан, создают значительные местные потери, снижающие производительность.

Не нашли применения насосы с питателем-измельчителем из-за разности производительности и консистенции перекачиваемого навоза и вертикальные насосы из-за дороговизны и малой производительности.

Основным фактором, влияющим на показатели работы насосной станции, является правильно выбранный объем, ширина и глубина навозоприемника.

Репозиторий ВГАТУ

Научно-обоснованных и проверенных в производственных условиях рекомендаций по выбору этих параметров в научной литературе не имеется.

На практике вместимость навозоприемника принимают равной: 10 мин. работы насоса, половине или суточному выходу навоза, трое суток или времени, необходимому для замены или ремонта насоса (2...3 часа). При этом не учитываются физико-механические свойства навоза, что является причиной образования осадка после 2...3 часов нахождения его в навозоприемнике, который приводит к сокращению полезного объема навозоприемника и увеличению трудо- и энергозатрат на его удаление.

Анализ способов и средств транспортировки бесподстилочного навоза показывает, что гидротранспорт является основным, способным исключить потери массы и питательных веществ, значительно снизить затраты труда и энергии, избежать загрязнения территории животноводческих предприятий, опасности распространения инфекции и инвазии на пути его перемещения. Поэтому представляется важным изучение параметров и режимов работы гидротранспорта с целью их оптимизации

Вертикальные центробежные насосы предназначены для измельчения, перемешивания и перекачивания бесподстилочного навоза сельскохозяйственных животных. Состоят из кожуха с размещенным в нем приводным валом, корпуса насоса с рабочим колесом, нагнетательного трубопровода.

Вертикальный насосGP 2000 (рис. 7.26) предназначен для измельчения, перемешивания и перекачивания бесподстилочного навоза. Для облегчения установки в резервуаре насосы оснащены специальными захватами для вильчатого погрузчика. Для перемешивания навозной массы имеется специальное устройство оригинальной конструкции, повышающее эффективность гомогенизации навоза. Всасывающая часть насосов оснащена комбинированным измельчающим устройством в виде различных по форме и размещению ножей. Предназначен для работы на глубине 2,3…4,3 м. Выпускается с приводом от электродвигателя (модели серии Е) и ВОМ трактора (модели серий TR и TRS).

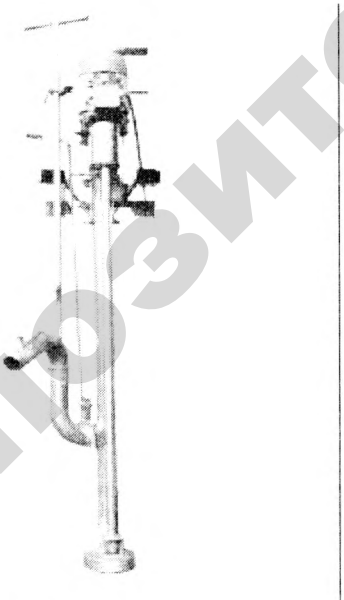


Рисунок 7.26 - Вертикальный насос GP 2000

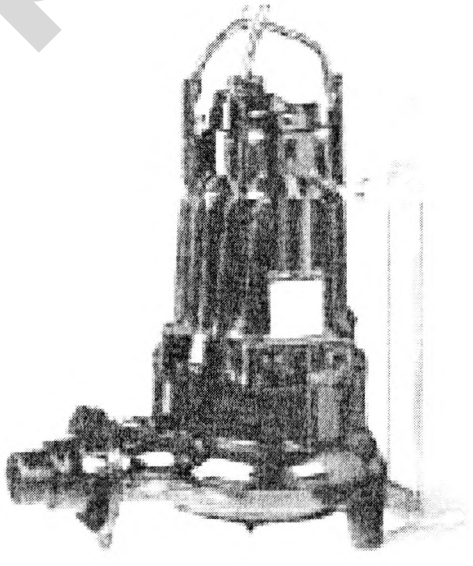


Рисунок 7.27 - Погружной насос серии F

Техническая характеристика вертикальных насосов GP 2000 представлена в табл. 7.14.

Репозиторий ВГАТУ

Таблица 7.14 - Техническая характеристика вертикальных насосов GP 2000

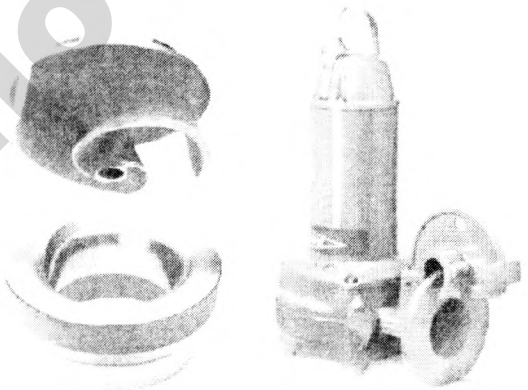
Модель	Производительность, $м^3/ч$	Установленная мощность, кВт	Масса, кг
	Привод от электродвигателя		
E 7,5	120	7,5	210
E 11	180	11	245
E 18,5	240	18,5	315
	Привод от ВОМ трактора (частота вращения вала 540 $мин^{-1}$)		
TR 5	120…240	25*	180
6 TRS	480…600	60…80*	275

Погружные насосы серии F (рис. 7.27) предназначены для измельчения и транспортирования навоза с содержанием длинноволокнистых включений. Состоят из погружного электродвигателя, корпуса насоса, рабочего колеса и системы управления. Максимальная рабочая температура двигателя — 125°С. Оснащен защитой от перегрева с помощью встроенного температурного датчика. Герметичность двигателя обеспечивается наличием двух контактных уплотнительных колец из карбида вольфрама и карбида кремния. Открытое рабочее колесо S-образной формы оснащено закаленными режущими кромками.

Погружные насосы серии N (рис. 7.28) предназначены для перекачивания жидкого навоза. Могут использоваться для перекачивания жидкого субстрата в биореакторах при производстве биогаза. Состоят из погружного электродвигателя, корпуса насоса, рабочего колеса, фланца с устройством фиксации трубопровода и системы управления. Открытое рабочее колесо типа N и специальная разгрузочная канавка в корпусе практически исключают возможность забивания насоса крупными включениями, обеспечивая его бесперебойную работу. Производительность насосов — до 900 $м^3/ч$, напор — до 32 м.

7.3.8 Роботизированные установки для уборки навоза

Регулярная и полная уборка навоза из животноводческих помещений является необходимым условием получения высококачественной продукции животноводства, обеспечения требуемого микроклимата и санитарного состояния ферм, сохранения здоровья животных и обслуживающего персонала. Кроме того, это один из наиболее трудоемких процессов на ферме. В связи с этим для снижения затрат труда и обеспечения качественной и своевременной уборки навоза в животноводческих помещениях за рубежом были разработаны роботизированные системы навозоудаления, которые явились одним из этапов эффективного внедрения информационных технологий в животноводство.



а) б)

Рисунок 7.28 –
Погружной насос серии N:
а) рабочее колесо; б) общий вид

Репозиторий ВГАТУ

От того, каким образом осуществляется уборка навоза, зависят объем получаемой на ферме навозной массы, её физико-механическая характеристика и эффективность использования в растениеводстве как органического удобрения, обеспечение охраны окружающей среды от загрязнений, суммарные затраты, связанные с его обработкой, хранением, транспортированием и внесением в почву. С учетом этого большое распространение на фермах в России и за рубежом получили механические технические средства для удаления навоза, использование которых помимо обеспечения высокого качества уборки не приводит к увеличению объема получаемой на ферме навозной массы.

В связи с этим разработанные роботизированные системы удаления навоза выполнены в виде механических технических средств. При уборке навоза с поверхности навозных проходов, оборудованных щелевыми полами, основными задачами используемых технических средств являются сбор и проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем. Это обстоятельство и обусловило разработку для очистки щелевых полов мобильных роботов, работающих в автономном режиме. Эти машины имеют компактную конструкцию и оснащены электроприводом с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, программируемой системой управления и рабочим органом, в качестве которого чаще всего используется фронтальный поперечный скрепер.

Навозоуборочный робот Srone такой конструкции разработан компанией «GEAFarmTechnologies» (рис. 7.29). Все основные элементы конструкции робота размещены на шасси с двумя большими приводными колесами и одним маленьким направляющим колесом. Энергоснабжение электропривода Srone осуществляется от аккумуляторных батарей, емкость которых обеспечивает работу робота в течение 19,5 ч в сутки. При такой продолжительности работы и рабочей скорости передвижения 4 м/мин Srone способен очищать от навоза поверхность решетчатых полов в животноводческих помещениях до 8 раз в сутки на площади 6000…8600 м^2. Зарядная станция, входящая в комплект оборудования, за счет наличия функции быстрой зарядки позволяет всего за 4,5 ч (в основном в ночное время) производить полную зарядку аккумуляторных батарей.

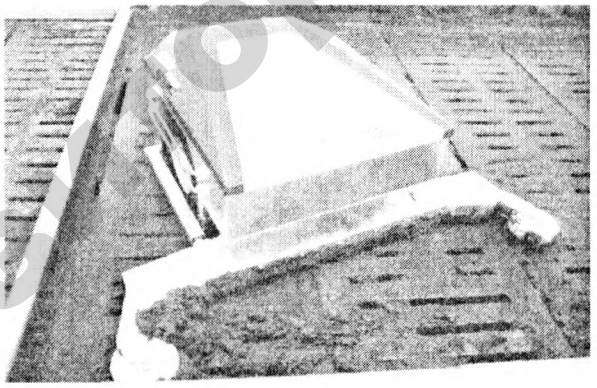


Рисунок 7.29 -Навозоуборочный робот Srone

Высокое качество очистки даже угловых зон проходов достигается благодаря оснащению скрепера боковыми створками с роликами и сменным резиновым скребкам скрепера, а также очень высокой маневренности робота (для полного разворота робота требуется расстояние всего в 2 м). Надежное перемещение по поверхности решетчатых полов и создание необходимого усилия для сдвигания навозной массы скрепером (до 100 кг) обеспечивается путем увеличения массы робота до 400 кг и оснащения приводных колес шинами с глубоким протектором.

Взаимодействие боковых створок скрепера с кромкой навозного канала (комплект кромок на все помещение входит в стандартную поставку) в сочетании с сенсорами обеспечивают следование робота по заданному маршруту. Поэтому первыми мероприятиями, которые необходимо выпол-

Репозиторий БГАТУ

нить при переходе на автоматическую уборку навоза, являются оснащение всех навозных проходов специальными кромками и установка зарядной станции, которая является отправной точкой для следования по всем запрограммированным маршрутам. Программное обеспечение системы управления робота позволяет осуществлять все его перемещения по заданному маршруту полностью в автоматическом режиме. При потере контакта боковых створок скрепера с кромкой навозного канала (например, при движении по криволинейной траектории, отклонении от маршрута, начале работы и т. д.) система управления робота выдает сигнал на направляющее колесо для обеспечения движения робота в сторону кромки канала вплоть до соприкосновения с ней. Имеется возможность запрограммировать два режима зарядки аккумуляторов робота: один раз в сутки на 6 ч или 2 раза в сутки по 4 ч. Через каждые 28 дней робот становится на зарядку аккумуляторов в непрерывном режиме в течение 10 ч (в системе управления эта функция запрограммирована и выполняется автоматически). Безопасная эксплуатация Srone обеспечивается за счет наличия функции остановки робота при превышении усилия сталкивания (на скрепере) выше допустимого значения с последующим возобновлением движения по обходному маршруту (при необходимости).

Навозоуборочный робот RS250 аналогичной конструкции разработала фирма «DeLaval» (рис. 7.30). На его шасси, также как и у Srone, размещены электропривод с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, фронтальный скрепер и автоматическая система управления с интегрированной функцией безопасной эксплуатации робота. Программирование маршрута передвижения RS250 осуществляется вручную с использованием портативного контроллера.

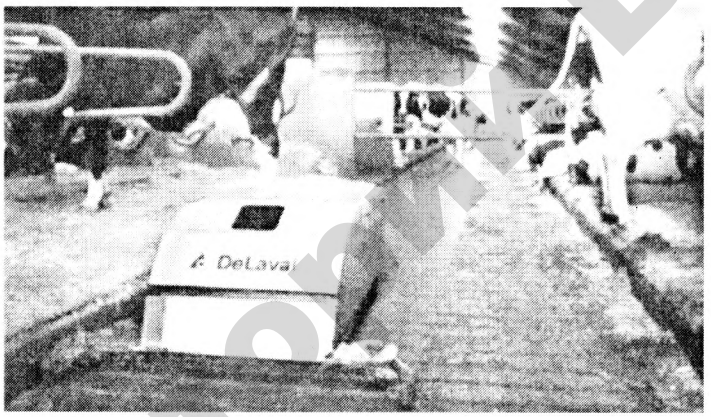


Рисунок 7.30 - Навозоуборочный робот RS250

Емкость батарей аккумуляторов робота RS250 позволяет производить очистку щелевых полов от навоза 5 раз в сутки без подзарядки в помещении с содержанием до 250 коров.

Фирма «JOZ» (Нидерланды) разработала робот для удаления навоза с щелевых полов JOZ-Tech. Он, как и предыдущие его аналоги, состоит из шасси, электропривода, аккумуляторных батарей, автоматической системы управления и скрепера.

Долговечность работы машины обеспечивается благодаря использованию для изготовления основных узлов и деталей машины высококачественных износостойких материалов. Аккумуляторы большой емкости заряжаются автоматически специальным зарядным устройством, размещаемым в любом месте помещения. Программное обеспечение системы управления робота позволяет выполнять в автоматическом режиме перемещения по установленному маршруту (за счет установленных в полу проходов датчиков), установленную периодичность уборки (в том числе и запрограммированные специальные уборки), аварийный останов и др. Система безопасной эксплуатации позволяет при необходимости самостоятельно находить альтернативные пути движения робота, если какие-либо препятствия делают невозможным его следование по запрограммированному маршруту. Для перемещений робота по маршруту, на пути следования, по которому не установлены датчики направления движения, можно воспользоваться портативным электронным прибором

Репозиторий ВГАТУ

для дистанционного управления работой JOZ-Tech. Система управления также оснащена модемом для беспроводной связи через интернет с центральным пультом управления фермы, благодаря чему информация о всех сбоях и аварийных ситуациях сразу поступает в диспетчерскую.

При перемещении со скоростью 4 м/мин, длительности работы в течение 18 ч и максимальной ширине захвата скрепера (изменяется в пределах 130…190 см) робот способен за сутки очистить 8 тыс. $м^2$ поверхности решетчатых полов в проходах животноводческого помещения.

Робот для удаления навоза с щелевого пола Enro компании «Schauer» имеет высоту менее 45 см (рис. 7.31) благодаря чему без проблем может проезжать под разделительными решетками. Круглая форма его конструкции предотвращает его застревание в углах животноводческого помещения и способствует оптимальной очистке труднодоступных участков. В систему управления роботом внесены дополнения. Теперь маршруты движения робота можно устанавливать с помощью компьютера, благодаря чему отпадает необходимость обучать робот соответствующим перемещениям в животноводческом помещении. Используя свои многочисленные наработки в области создания роботизированных систем для животноводства, фирма «Lely» для уборки навоза с щелевых (возможно и со сплошных - длиной до 5 м) полов коровников разработала мобильный робот Discovery (рис. 7.32).

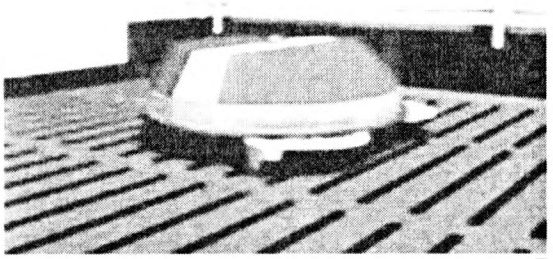


Рисунок 7.31 Робот для удаления навоза с щелевого пола Enro

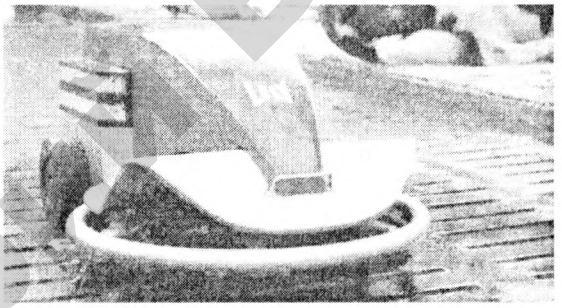


Рисунок 7.32 мобильный навозоуборочный робот Discovery

Как и все предыдущие аналоги, Discovery работает от аккумуляторной батареи, а в качестве рабочего органа также используется скрепер. Маршрут движения робота программируется с помощью дистанционного пульта управления по электронным каналам связи E-link (рис. 7.33).

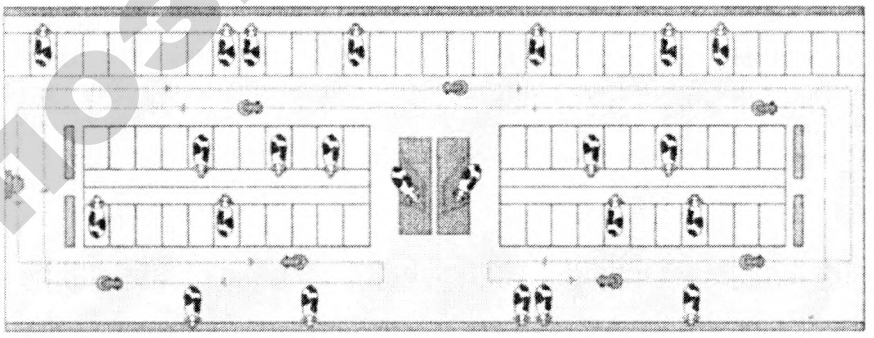


Рисунок 7.33 – Один из маршрутов движения робота Discovery

С целью более интенсивной очистки наиболее загрязненных участков оператор может внести соответствующие изменения в уже введенное задание. Заранее программируется и расстояние робота от внешних конструктивных ограждений коровника, которое поддерживается при всех его

Репозиторий БГАТУ

перемещениях с помощью ультразвукового датчика. Отправным пунктом для выполнения каждого запрограммированного маршрута уборки является зарядная станция (рис. 7.34).

Рисунок 7.34 - Зарядная станция робота Discovery

Оригинальным элементом конструкции является размещенная во фронтальной части корпуса Discovery дуга безопасности, которая служит для предотвращения блокирования движения робота при его столкновении с препятствиями.

Для уборки сухого навоза с поверхности щелевого пола компания «Lely» разработала робот Discovery-90S, отличительной особенностью которого от базовой версии является наличие бака для воды (вместимость30 л) и водопроводной арматуры с форсункой (расход воды 0,5 л/мин). Для заполнения водой бака Discovery-90S в помещении коровника устанавливается специальная станция, оснащенная автоматическим клапаном долива воды. Робот автоматически подсоединяется к станции дозаправки воды и открывает клапан, придвигая чашу вперед. После этого бак Discovery-90S заполняется водой в объеме, достаточном как минимум для перемещения по одному маршруту.

Рабочий процесс робота Discovery-90S начинается с разбрызгивания из форсунки воды по поверхности пола с высохшим навозом, а затем осуществляется уборка увлажненного навоза в обычном режиме.

Техническая характеристика: установленная мощность - 0,55/0,75 кВт; частота вращения вала приводной станции (на выходе) - 5,4 мин$^{-1}$; скорость движения - 4 м/мин; диаметр натяжного ролика - 290 мм; высота– 210мм; масса - 100 кг. Изготовитель — JOZ.

Робот для удаления навоза JOZTECH (рис. 7.35)предназначен для уборки навоза из навозных проходов животноводческих помещений. Состоит из шасси с размещенным на нем электроприводом, аккумуляторных батарей, автоматической системы управления и скрепера.

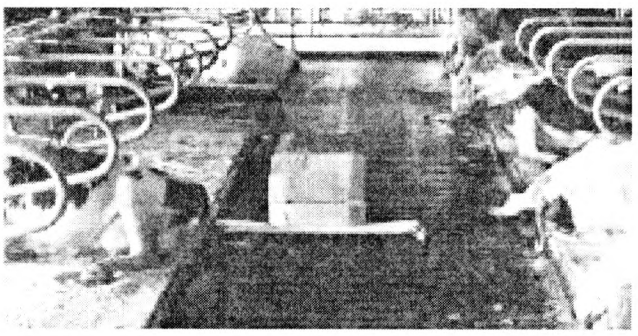


Рисунок 7.35 - Робот для удаления навоза JOZTECH

Репозиторий БГАТУ

Изготовлен из высококачественных износостойких материалов. Аккумуляторы имеют большую емкость и заряжаются автоматически специальным зарядным устройством, размещаемым в любом месте помещения. Электропривод обеспечивает перемещение робота со скоростью 4 м/мин. Система управления обеспечивает работу робота в автоматическом режиме: пути следования, периодичность уборки, аварийная остановка и т. д.

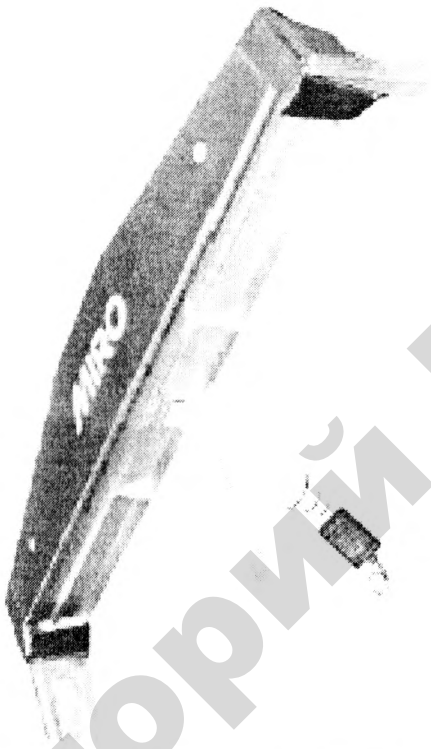


Рисунок 7.36 - Установка скреперная автономная SCARABEE MIRO

Установка скреперная автономная SCARABEE MIRO (рис.7.36) предназначена для уборки подстилочного и бесподстилочного навоза в животноводческих помещениях. Состоит из скрепера с раздвижными балками, блока управления, зарядного устройства и направляющего профиля. Корпус скрепера установлен на колесах, приводимых в движение от электродвигателя с аккумуляторной батареей. При возврате в исходное положение скребки на корпусе скрепера и раздвижных балках автоматически приподнимаются. На конечной станции осуществляется зарядка аккумулятора от зарядного устройства. Задание направления перемещения установки осуществляется за счет взаимодействия направляющего профиля скрепера с желобом, выполненным в навозном проходе помещения. Возможно перемещение установки по кривой радиусом до 4 м. Блок управления обеспечивает работу установки в автоматическом режиме по выбранной программе с возможностью дистанционного управления рабочим процессом. Одна установка может выполнять уборку навоза из нескольких навозных проходов длиной до 100 м. Безопасность ее эксплуатации обеспечивается за счет наличия функции остановки при столкновении с препятствием.

Техническая характеристика установка скреперная автономная SCARABEE MIRO: установленная мощность - 0,25 кВт; напряжение на входе зарядного устройства - 230 В, на зарядке аккумулятора - 24 В, питания электродвигателя - 24 В; скорость перемещения - 4 м/мин; ширина навозного прохода - 1,75…5,0 м; масса - 800…1200 кг. Изготовитель — SERMAP.

Репозиторий БГАТУ

8 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

8.1 Основные направления развития техники в России

Анализ развития мирового сельскохозяйственного производства в XXI в. показывает, что главным источником достижений в повышении продуктивности животных, создания новых видов техники, проектов предприятий и цехов для содержания животных и птицы, хранения и переработки продукции является использование новейших научных исследований в различных областях знаний. Создание и применение новых пород животных, агротехнологий возделывания растений и выращивания животных, новых орудий труда, способов применения энергии, переход на использование, интенсивных технологий, использование интеллектуальной техники и систем точного земледелия, форм организации труда и управления производством привели к революционным достижениям в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных, увеличению масштабов производства продовольствия и на этой основе к улучшению качества и продолжительности жизни населения.

Стратегией развития механизации и автоматизации животноводства в России на период до 2030 г. определены основные направления инновационного развития техники. Важнейшие из них:

- адаптивность к физиологическим режимам функционирования животных и птицы, условиям их содержания и кормления. Новейшие достижения зоотехнической и биологической наук, выявление наиболее эффективных параметров жизнеобеспечения животных и птицы - условий их содержания, особенностей преобразования энергии, кормов в продукты, являются критериями для создания новейшей техники, отвечающей требованиям адаптивности. Уровень использования потенциала продуктивности пород животных в свою очередь влияет на эффективность применения техники;

- обеспечение экологических и ветеринарно-санитарных параметров среды - исключение загрязнения среды, производство высококачественной продукции, обеспечение условий, исключающих заболевание животных и людей;

- производство конкурентоспособной продукции на основе ресурсосбережения, рост производительности труда, автоматического управления режимами выполнения процессов.

Стратегией предусматриваются следующие инновационные направления развития средств механизации и автоматизации выполнения процессов в животноводстве:

- создание автоматических поточных технологических линий, адаптированных к физиологическим особенностям продукционного процесса различных групп и специализации животных, способам содержания и типами кормления, климатическим и почвенным условиями, организационно-экономическим и технологическим факторам, ветеринарно-санитарным, экологическим и эргономическим требованиям;

- автоматическое управление выполнением технологических процессов в соответствии с технологическими, зооветеринарными, экологическими, санитарными нормами, правилами и требованиями, на основе учета физиологических потребностей животных и особенностей осуществления продукционного процесса;

- повышение производительности труда, снижение издержек осуществления процессов и получения высококачественной продукции на основе полного замещения ручного труда, автоматического управления режимами выполнения процессов и операций, создания оптимальных условий содержания и нормирования кормления, обеспечивающих эффективное использование и рост продуктивности животных, реализацию генетического потенциала используемых пород и породных групп, рационального использования ресурсов;

- производство конечной продукции, кормов, органических удобрений, удовлетворяющих требованиям отечественных и международных стандартов качества, выполнение процессов и операций в соответствии с эргономическими, технологическими, зооветеринарными, экономическими и экологическими требованиями;

- обеспечение высокой эксплуатационной надежности технических средств, удобство и безопасность их обслуживания и ремонта.

Репозиторий БГАТУ

Повышение эффективности производства молока, говядины и свинины будет обеспечиваться на основе реализации следующих прогрессивных инновационных и ресурсосберегающих направлений в механизации, автоматизации и технологии производства:

- увеличение в сельхоз организациях удельного веса скота на беспривязном содержании с 3…5 до 55…60%;

- увеличение до 80% удельного веса коров, в том числе и на привязном содержании, обслуживаемых в доильных залах «Елочка», «Тандем», «Параллель», «Карусель», доильными машинами с автоматическим регулированием выполнения операций с учетом физиологических особенностей и характеристик каждого животного; развитие поточных принципов доения в автоматизированных залах с индивидуальным обслуживанием животных;

- модернизация действующих ферм с использованием современной инновационной техники и ресурсосберегающих технологий, строительство новых объектов оптимального уровня концентрации с учетом зональных, почвенных и демографических факторов;

- перспективные тенденции в механизации и автоматизации машинного доения коров:

- совершенствование режима функционирования доильных аппаратов с целью исключения вредного воздействия на здоровье животных;

- стимулирование рефлекса молокоотдачи и обеспечение полного выдаивания; разработка доильных аппаратов с автоматическим управлением процессом извлечения молока (регулирование уровня вакуума, частоты и соотношения тактов пульсаций в зависимости от интенсивности молокоотдачи и других параметров) и автоматизации выполнения заключительных операций доения;

- автоматическая стабилизация вакуума на необходимом уровне; инновационные направления совершенствования доильных установок с молокопроводом: автоматизация преддоильного массажа вымени для эффективной стимуляции молокоотдачи, контроль изменения уровня вакуума под сосками, частота пульсаций сосковой резины, учет количества получаемого молока;

- применение многофункциональных видов мобильной техники - фронтальных погрузчиков-измельчителей кормов, раздатчиков-смесителей кормов, позволяющих приготавливать однородные сбалансированные кормосмеси, выдавать их в кормовые столы (кормушки) в помещениях и на выгульных дворах;

- применение автоматизированных систем уборки навоза из помещений и ресурсосберегающий технологий подготовки высококачественных органических удобрений;

- создание автоматических комплектов машин и оборудования для приготовления комбикормов в хозяйствах на основе использования энергосберегающих технологий.

Взаимосвязь и взаимозависимость развития технологий и техники хорошо иллюстрируется на примере подотраслей животноводства. Так, учеными физиологами и зоогигиенистами доказано, что обеспечение оптимальных регулируемых параметров среды обитания животных (температура, влажность, газовый состав воздуха) способствует повышению до 15…20% прироста продуктивности, снижению заболеваний и падежа молодняка. Это стало научной и технологической основой создания различных автоматизированных систем регулирования температуры, влажности и обеззараживания воздуха внутри помещений.

Тщательное выполнение операций доения, подготовка вымени, своевременное подключение и отключение аппаратов способствуют исключению заболевания коров маститами и повышают их продуктивность на 12…15%. Созданные автоматизированные доильные установки с регулируемым обеспечением режимов доения коров стали основой достижения высокой производительности труда операторов (до 65…80 коров в час), минимальных издержек на доение (автоматизированные доильные установки «Елочка», «Параллель», доильные роботы).

На основе научных знаний о положительном влиянии кормления животных сбалансированными кормовыми рационами на продуктивность и качество продукции созданы автоматизированные измельчители-смесители-раздатчики кормов для КРС, автоматизированные комбикормовые агрегаты, автоматические раздатчики кормов в свиноводстве и птицеводстве.

Создание раздатчиков-смесителей кормов для крупного рогатого скота и свиней позволило применять технологию кормления однородными сбалансированными смесями (монокормами). Применение беспривязного содержания крупного рогатого скота начало интенсивно применяться

Репозиторий БГАТУ

на основе создания средств комплексной механизации - групповых поилок, систем очистки помещений от навоза, доильных установок. Научные достижения в электроэнергетике используются для облучения животных и птицы, пастеризации молока, обеззараживания кормов, лечения мастита, оптимизации параметров микроклимата, что обеспечивает не только повышение продуктивности и качества продукции, но и оздоровление животных, устранение инфекции, охрану окружающей среды.

Отрыв техники от технологий производства, их изолированное рассмотрение не обеспечивают достижения высокой эффективности. Техника, технология, организация использования техники и организация труда, квалификация кадров, качество кормов, сырья, животных, организация ремонта и технического обслуживания, точность соблюдения технологических режимов и сроков выполнения операций являются основными факторами производства, которые в совокупности составляют экономическую сущность технического прогресса в сельском хозяйстве.

8.2 Мировые тенденции развития техники для молочного скотоводства

Анализ мировых достижений показывает, что на практике четко прослеживается основная тенденция - разработка системных решений с использованием результатов бурного развития кибернетических, оптических и сенсорных систем, лазерной и компьютерной техники, спутниковых навигационных систем, датчиков различного назначения и средств беспроводной связи, систем математического анализа и программного обеспечения. Если ранее основное внимание уделялось совершенствованию конструкции отдельных технических средств для повышения их функциональных и технико-технологических возможностей, то разрабатываемые системные решения связывают все элементы комплекса машин на ферме в единое целое, позволяя осуществлять управление целыми технологическими цепочками в автоматическом режиме с оптимальными рабочими параметрами и учетом информационных взаимосвязей между элементами системы. Это позволяет повысить уровень контроля за выполнением технологических операций на ферме и качеством производимой животноводческой продукции, производительность труда, сократить производственные затраты, обеспечить решение вопросов ресурсосбережения и экологической безопасности. Все это в конечном итоге обеспечивает устойчивую и эффективную работу животноводческого предприятия.

Совершенствуются также способы, технические средства и программные продукты для сбора, обработки и анализа необходимых для управления технологическими операциями, процессами и производством в целом данных, а также их автоматизированного и стандартизированного приема и передачи. Современные средства коммуникации обеспечивают поступление этих данных в распоряжение пользователя независимо от времени и места.

Современные системы менеджмента в животноводстве обеспечивают удобство работы пользователя, информативное визуальное отображение на дисплее полученных данных; достаточное количество автоматически регистрируемых данных, функции одноразового ввода информации, накопления, анализа и хранения полученных данных, контроль за работой машин и оборудования на ферме; возможность получения и передачи данных с помощью современных средств связи (Интернет, КПК, смартфон) и др.

Среди основных тенденций развития техники для кормления крупного рогатого скота - разработка и производство разнообразных по конструктивному исполнению и функциональным возможностям машин для приготовления и раздачи кормов, что предоставляет сельхозтоваропроизводителям широкие возможности по комплектованию оптимального парка техники для эффективного кормления животных с учетом особенностей каждого конкретного предприятия: размера фермы, уровня развития инфраструктуры и технического оснащения, технологии кормления, используемых кормовых рационов и др.

При этом инновационная деятельность в основном ведется по пути создания кормосмесителей с учетом уровня развития инфраструктуры и размера предприятий, обеспечения высокого качества приготовления кормосмеси и совершенствования автоматизированных систем кормления животных.

Репозиторий ВГАТУ

В последнее время наблюдается увеличение спроса потребителей на самоходные кормосмесители, с целью расширения области применения которых фирмы-изготовители ведут активную работу по повышению их маневренности за счет «трехточечной» конструкции шасси машины.

Одним из перспективных направлений развития смесителей-кормораздатчиков является создание самоходных машин, предназначенных исключительно для внутрифермского использования. Их отличительной особенностью является шасси специальной конструкции с низким дорожным просветом.

Для ферм с небольшим поголовьем животных наиболее целесообразно использовать самоходные кормосмесители на базе шасси автомобиля, которые способны обеспечить кормление коров кормо- смесями на нескольких близлежащих малых фермах.

Одним из приоритетных направлений развития смесителей-кормораздатчиков с учетом различного уровня развития инфраструктуры предприятий является их конструктивное исполнение по модульному принципу. Эта концепция реализуется в смесителях-кормораздатчиках, конструкцию которых можно адаптировать к конфигурации животноводческих помещений путем установки на бункере машины разгрузочных люков в различном количестве и исполнении.

Одним из этапов на пути реализации инновационного направления развития техники для приготовления и раздачи кормосмесей явилось создание стационарных кормосмесителей, что позволяет использовать их в качестве малогабаритных кормоцехов на животноводческих объектах различного размера.

Для ферм с небольшим поголовьем животных и раздельным типом кормления выпускается специальное малогабаритное оборудование для раздачи силоса, отличительной особенностью которого является то, что оно присоединяется к задней навеске энергетического средства.

Конструктивное исполнение этого оборудования самое разнообразное. Оно может быть бункерного типа или в виде блочной силосорезки. Машины бункерного типа, как правило, оснащены устройством для самозагрузки. Для забора силоса из бурта в основном используются загрузочные устройства в виде гидравлически управляемой лопаты с режущими ножами или без них.

По-прежнему доминирующее положение на европейском рынке занимают смесители-кормораздатчики с вертикальной системой измельчения-смешивания. Это обусловлено, главным образом, тем, что они обеспечивают высокое качество приготовления кормосмеси с сохранением структуры корма. Кроме того, смесители-кормораздатчики с вертикальной системой измельчения-смешивания выполняют эффективную разделку тюков и рулонов, удобны для загрузки с любой стороны, имеют простую конструкцию, удобны в эксплуатации и обслуживании.

С целью повышения однородности смешивания и сохранения структуры кормов производители совершенствуют конструкцию шнеков и бункеров машин. Качество готовой кормосмеси в значительной степени зависит от структуры загружаемого в бункер машины силоса. В связи с этим производители ведут активную работу по совершенствованию рабочих органов загрузочных устройств.

Высокое качество приготовляемой кормосмеси в значительной мере зависит от работы весоизмерительного терминала смесителей-кормораздатчиков. Наметилась тенденция расширения функциональных возможностей используемых систем электронного взвешивания. Преимуществом программируемых электронных систем взвешивания по сравнению с обычными весами является то, что их можно включать в систему компьютерного менеджмента кормления и с их помощью обеспечить точное предварительное задание количества корма, контроль и анализ работы со стороны руководителя предприятия.

Для управления процессом кормления производители разрабатывают программное обеспечение, которое позволяет осуществлять контроль за работой операторов, отслеживать результаты кормления животных по группам, обмениваться данными с внешними консультантами по кормлению в режиме on-line, готовить отчеты по использованию кормовых компонентов и др.

Для решения вопросов приготовления и раздачи сбалансированных по питательности кормосмесей на фермах, где для кормления животных применение смесителей-кормораздатчиков не представляется возможным или неэффективно, разработаны и выпускаются автоматизированные

Репозиторий ВГАУ

системы кормления животных. При этом на практике применяются в основном две технологические схемы кормления животных.

В соответствии с одной из них приготовление и раздача кормосмеси осуществляются разными техническими средствами. В другом случае приготовление кормосмеси (дозирование и смешивание предварительно измельченных кормов) и ее раздача выполняются подвесным кормораздатчиком бункерного типа с расширенными функциональными возможностями благодаря наличию систем электронного взвешивания и смешивания. Технические возможности выпускаемых кормораздатчиков позволяют реализовать на практике индивидуальное и групповое кормление (в зависимости от системы содержания животных).

В последнее время получают развитие автоматизированные системы кормления животных, перемещение которых осуществляется не по подвесным направляющим, а в автономном режиме с использованием современных систем управления движением мобильных объектов. При создании конструкции таких роботов за основу были взяты не подвесные роботы-кормораздатчики, а мобильные смесители-кормораздатчики. Такие инновационные разработки уже были продемонстрированы на крупнейших международных выставках.

Несмотря на то, что практически все производители доильного оборудования выпускают установки для доения коров в переносные недра и молокопровод, и они все еще находят спрос у малых ферм, надежд на широкое использование в долгосрочной перспективе у этого типа оборудования за рубежом нет.

В последние годы для обслуживания большого поголовья молочного стада (500…600 голов и более) наряду с доильными залами типов «Елочка» и «Карусель» все чаще используют доильные залы типа «Параллель» (Side-by-Side), достоинствами которых являются минимальный фронт доения (до 70 см на один доильный бокс), высокая интенсивность работы оператора доения, сравнимая с «Ёлочкой» стоимость оборудования из расчета на единицу производительности (короводоек в час), широкий размерный ряд - возможность обслуживания различного по размеру поголовья; более прочная рамная конструкция доильных боксов, рассчитанная на самую интенсивную эксплуатацию.

С целью снижения инвестиционных затрат и увеличения нагрузки на каждый доильный аппарат все большее применение находит схема построения доильного зала, в соответствии с которой один доильный аппарат, размещенный на поворотной стойке типа Swingover посередине установки, обслуживает обе стороны зала.

Для обслуживания большого поголовья молочного скота рекомендуют использовать доильные установки типа «Карусель», которые облегчают работу с группами животных, упрощают работу оператора машинного доения, снижают затраты на сервисное обслуживание. Наиболее высокая эффективность доения на этих установках может быть достигнута при выравненности стада по строению вымени и скорости молокоотдачи.

В доильных залах с внутренним размещением доильного оборудования монтируют до 42 доильных мест, что влечет за собой чрезмерную потребность в площадях. Доильные залы с внешним расположением доильного оборудования рассчитаны почти на 80 доильных мест.

Часто в зоне перегона (принудительного движения животных) для управления процессом доения коров устанавливают селекционные ворота, которые позволяют без проблем сортировать животных и при необходимости отделять их от группы.

Одним из приоритетных направлений совершенствования доильных залов является создание комфортных условий на рабочем месте для обслуживающего персонала. В последнее время все чаще используются свободнонесущие конструкции стойлового оборудования, которые обеспечивают оператору лучший обзор рабочего места. Многие производители оборудуют свои доильные залы регулируемым по высоте полом, что позволяет операторам с различным ростом принимать оптимальную позицию своего тела при доении. Для удобства подготовки вымени животных к доению фирмы снабжают свои доильные залы регулируемыми по высоте сервисными корзинами, в которых находятся все необходимые для работы материалы. Консоли с тележками размещены по центральной оси зала и могут перемещаться к любому доильному месту установки.

Репозиторий БГАТУ

Для снижения затрат труда операторов некоторые доильные залы типа «Карусель» оборудованы роботизированными устройствами для обработки вымени коров. Их преимущества очевидны: одно устройство обслуживает всех находящихся на платформе доильной установки коров, средства при обработке расходуются рационально, предусмотрены автоматическая программа промывки и возможность интегрирования в уже работающие доильные залы.

Практически все доильные аппараты приводятся в готовность снятием их с держателей либо посредством манипуляторов (микровыключателей), размещенных на кромке доильной ямы.

Готовность коров к дойке обеспечивается за счет полноценной стимуляции вымени животных. Доильное оборудование почти всех фирм-поставщиков позволяет стимулировать соски вымени коров в автоматическом режиме с управлением по молокоотдаче и времени.

До сих пор оптимальными считались значения рабочего вакуум-метрического давления в пределах 37…42 кПа. В последнее время на рынке активно предлагается доильное оборудование с рабочим вакуумметрическим давлением около 30 кПа. Появились системы доения без коллектора, что обеспечивает значительное снижение массы подвесной части доильного аппарата и нагрузки на вымя животного. Раздельный отвод молока от каждой четверти вымени исключает перенос патогенной микрофлоры с одной доли вымени на другую. Для своевременного отвода выдоенного молока и снижения риска инфекционных заболеваний сосков коллекторы современных доильных аппаратов (с учетом роста молочной продуктивности коров) должны иметь соответствующее конструктивное исполнение и вместимость 250…350 мл.

Сократить продолжительность «холостого» доения до разумных пределов возможно с использованием автосъемников доильных стаканов, работа которых контролируется микропроцессором в зависимости от уровня молокоотдачи. Рассматривается возможность увеличения пороговой величины съема доильных аппаратов до 250…300 мл/мин, а в некоторых случаях и до 400 мл/мин.

Практически все ведущие производители доильного оборудования выпускают пульсаторы с широким спектром частоты пульсации и соотношения тактов. Рекомендуемая изготовителями частота пульсаций - 52-62 двойных тактов в минуту, а соотношение тактов сосания и сжатия от 60:40 до 65:35. Наряду с неизменной пульсацией, в последнее время активно используется регулируемая в зависимости от молокоотдачи.

Примерами инновационного развития сосковой резины являются разработка и использование в доильных стаканах трёхгранной резины, преимущество которой заключается в более мягком обхвате соска вымени коровы. Кроме того, треугольная форма профиля позволяет эффективно регулировать сжатие сосковой резины, в результате чего соски массируются более равномерно.

В начальной стадии находятся разработка и предложения для использования в доильных залах автоматической руки-манипулятора для надевания доильных стаканов на соски, аналогично применяемым в доильных роботах. Пока потребителям предлагается только одна такая система.

В последние два года на рынке доильного оборудования автоматические системы доения получили бурное продвижение. Основную долю доильных роботов (с двумя боксами) закупили животноводческие предприятия со средним размером поголовья - 120 коров. Однако эти системы нашли применение не только на малых и средних фермах, но устанавливаются и на больших предприятиях с поголовьем животных более 1000.

Концепция конструктивного исполнения доильных роботов несколько изменилась. На рынке предлагаются автоматизированные установки четырех типов: доильный робот состоит из одного доильного бокса, обслуживаемого одной рукой-манипулятором; система включает в себя два параллельно установленных доильных бокса, обслуживаемых размещенной между ними одной рукой- манипулятором (может состоять из одного доильного бокса); доильный робот выполнен в виде модуля с двумя сблокированными параллельными доильными боксами, обслуживаемыми одной рукой- манипулятором; роботизированная система состоит из нескольких доильных боксов, смонтированных один за другим (тандемного типа) и обслуживаемых одной рукой-манипулятором. В то же время наибольшее распространение получили однобоксовые доильные роботы.

Практика показала, что в целом работа автоматизированных доильных систем не вызывает нареканий, но есть проблемы, которые предстоит решить в ближайшее время, в частности эффективность применения автоматизированных систем доения.

Репозиторий БГАТУ

Эффективность применения доильных роботов не в последнюю очередь зависит от интенсивности их использования. При этом основным показателем загруженности робота выступает не количество обслуживаемого поголовья, а максимальное количество выдоенного роботом молока (2000 л в сутки). Исходя из этого, оптимальные размеры молочного стада при использовании доильных роботов составляют до 200 коров и свыше 600 коров. Правильность этих предположений сможет доказать в будущем только практика.

8.3 Инновации в менеджменте животноводства

Одним из путей повышения эффективности производства продукции животноводства является улучшение производственных показателей: повышение производительности и продуктивности животных, снижение затрат ресурсов и труда и др. Поэтому разработчики ранее уделяли основное внимание совершенствованию конструкции отдельных технических средств с целью расширения их функциональных и технико-технологических возможностей.

Однако из-за большого объема поступающей в процессе работы на ферме информации работник не в состоянии вовремя воспринять, правильно оценить и своевременно отреагировать на изменение значений поступающих показателей работы оборудования. Вследствие этого возникают отклонения от оптимальных параметров и режимов функционирования всех систем на ферме, в результате чего увеличиваются затраты ресурсов на производство продукции, снижаются производительность труда и продуктивность животных, ухудшается состояние их здоровья, что сокращает срок их продуктивной жизни.

Поэтому для повышения эффективности управления производством активно разрабатываются системные решения, которые с использованием последних достижений (кибернетические, оптические и сенсорные системы, лазерная и компьютерная техника, спутниковая навигационная система, датчики различного назначения и средства беспроводной связи, системы математического анализа и программного обеспечения) позволяют обеспечить надежные коммуникационные связи между всеми элементами фермы, их согласованную и эффективную работу.

Эффективность автоматизированных систем управления при производстве продукции животноводства заключается не только в достижении известных преимуществ современного индустриального производства (повышение производительности и интенсивности использования оборудования, сокращение затрат труда, снижение энергоемкости продукции), но и в достижении технологического эффекта путем создания наиболее благоприятных условий для животных.

Современные решения в менеджменте животноводства представляют собой гибкую систему, входящие в состав которой средства контроля и управления работают под управлением специальной программы в согласованном режиме, обеспечивая эффективное выполнение отдельной операции или процесса в целом. Причем коммуникационные связи разрабатываются не только внутри фермы между ее элементами, но и между предприятиями. Так, разработанный компанией «CLAAS Agrosystems KGa Amb H&Co. KG» (Германия) интерфейс Немецкого союза по контролю производительности и качества (DLQ-Datenportal) реализует универсальную и стандартизированную информационную коммуникацию между I-сельскохозяйственным предприятием и его внешними партнерами (например, системой регистрации происхождения животных HIT, союзом взаимопомощи LKV, племенными объединениями ZWS). Данные о продуктивности, информация о статусе и особенности отдельных животных в скотоводстве автоматически передаются между предприятиями и системами. Обмен данными происходит на базе стандарта «ISOagriNET». Коммуникация осуществляется автоматически в обоих направлениях. После успешной передачи данных могут быть сделаны выводы для дальнейших действий руководителя предприятия. Это позволяет значительно улучшить организацию рабочих процессов на уровне предприятия. Разработка была награждена серебряной медалью выставки «EuroTier-2012».

Оптимизация общего процесса производства на молочнотоварных фермах является как никогда важным процессом. Поэтому компания «GEA Farm Technologies» разработала новое программное обеспечение GEA Dairy Pro View (рис. 8.1), позволяющее визуально отразить все зоны предприятия и рабочие процессы, происходящие в них: в коровнике, переходных галереях и про-

Репозиторий БГАТУ

гонах, в доильно-молочном блоке. Такая уникальная возможность обзора, основывающаяся на данных, получаемых в режиме реального времени, позволяет принимать более точные и эффективные решения, лучше управлять группами в стаде.

Программа GEA Dairy Pro View работает в сочетании с инновационной системой GEA Cow View, позволяющей определять местоположение животного и анализировать его поведение в режиме реального времени. Cow View Label с помощью стационарных датчиков в коровнике отправляет информацию о месте нахождения животного и его активности на ноутбук, смартфон или ПК. Таким образом, впервые появилась возможность проводить непрерывный анализ позиции и поведения каждой отдельной коровы в любой момент времени и без потерь исходной информации. Информация о времени нахождения коровы в боксе, проходах, у кормового стола, преодоленном ею расстоянии в течение дня позволяет с высокой точностью судить о состоянии ее здоровья и определить время охоты.

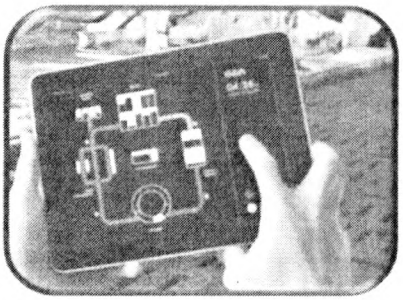


Рисунок 8.1 - Программа отражения процессов на молочной ферме

Компания «DeLaval» с учетом последних достижений усовершенствовала свою систему управления фермой DeLaval Del Pro Farm Manager (рис. 8.2), которая сейчас позволяет проводить комплексный учет результатов работы операторов машинного доения, составлять ежедневные задания специалистам и вовремя напоминать о сроках выполнения основных технологических операций, предоставлять точную и достоверную информацию об удоях для расчета программы кормления в соответствии с продуктивностью животных, вести учет и предоставлять отчеты о здоровье каждого животного и всего стада.

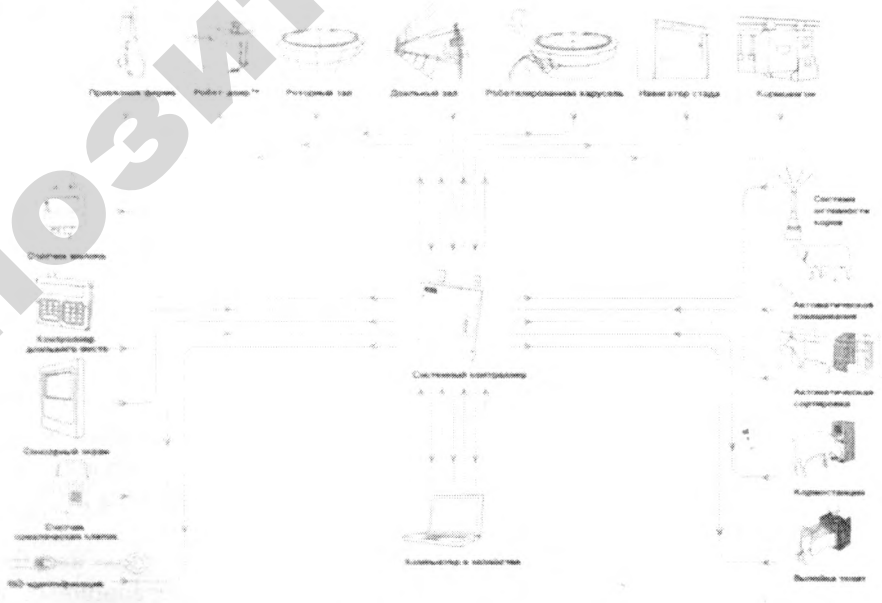


Рисунок 8.2 - Функциональная схема системы управления фермой DeLaval Del Pro Farm Manager

Репозиторий БГАТУ

Модернизированная система имеет интуитивный интерфейс и включает в себя новые модули, позволяющие своевременно отслеживать и принимать правильные решения по всем технологическим операциям на фермах. Еще одно новшество в системе - возможность защищенного удаленного доступа к системе с помощью De Laval Remote Farm Connection, благодаря чему консультанты и технические специалисты смогут следить за происходящим на ферме в режиме реального времени в любое время суток. Для работы с Del Pro Farm Manager потребуется ПК или портативный компьютер с сенсорным экраном. Для работы с доильным роботом VMS необходимо скачать приложение с программой и установить ее на смартфон. Кроме того, в программу был добавлен инструмент анализа De Laval Herd Navigator, с помощью которого фермеры смогут получать развернутые отчеты, например, по визитам ветеринаров и плановым вакцинациям.

Совершенствуются системы контроля и отдельных процессов, которые потом могут быть интегрированы в общую систему управления на ферме. Так, компания «De Laval» (Швеция) предлагает инновационную разработку — универсальный контроллер для управления работой установленного в животноводческом помещении электрооборудования De Laval Bam System Controller (BSC) (рис. 8.3).

Контроллер BSC представляет собой интерактивное системное решение для полномасштабного контроля, взаимодействия, управления и регулирования находящихся в животноводческом помещении устройств с электрическим приводом (например, приводами ветрозащитных сеток, вентиляторов, увлажнителей воздуха, систем удаления навоза, а также освещением). С помощью только одного BSC, доступного и через Интернет, можно вручную или автоматически управлять работой всех электроприводов на ферме не только по заранее введенной программе, но и с учетом поступающих в режиме реального времени от различных сенсоров сигналов (например, изменение параметров микроклимата в помещении, интенсивности освещения, нагрузки на двигатель и др.). Кроме того, для оптимизации процессов энергоснабжения на ферме работа отдельных систем может взаимно согласовываться друг с другом (например, при сильной вентиляции помещения может автоматически отключаться увлажнитель-охладитель воздуха). Применение на ферме контроллера «Bat System Controller» позволит снизить инвестиционные затраты|, сократить расход энергии, ресурсов и облегчить труд, оптимизировать условия содержания животных.

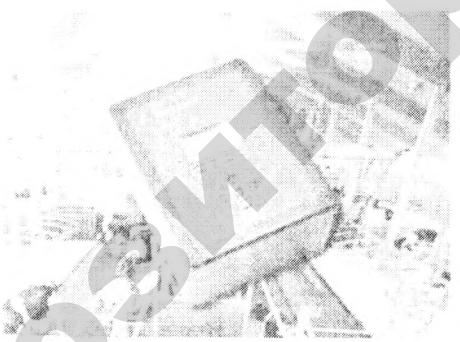


Рисунок 8.3 - Контроллер «Barn System Controller»

Наряду с уже известными продуктами и решениями компания «DeLaval» разработала новые и усовершенствованные инструменты анализа исходной информации. Среди них DeLaval VPR200 — инновационная информационная платформа, способная измерять и анализировать характеристики молочного оборудования и процессов доения, статическое и динамическое давление, пульсацию, тахометрию, проводить анализ операций доения. Многие измерения осуществляются с помощью беспроводных коммуникаций. Как показывают исследования компании «DeLaval», с помощью VPR200 и PASS фермеры могут добиться увеличения надоев молока до 5,5 % и сокращения времени доения до 30 %.

Новейшая система охлаждения коров DeLaval Cow Cooling полностью автоматизирована и нацелена на достижение наилучших результатов при минимальных операционных затратах. С её помощью производство молока может быть увеличено до 25%, потенциальная выручка может составить 50-300 евро на каждую корову в год.

Репозиторий БГАТУ

Контроль активности животных и их масса относятся к важнейшим индикаторам состояния здоровья животных. В связи с этим представляет интерес система мониторинга состояния здоровья жвачных животных Rumi Watch фирмы «ITIN + HOCH» (Швейцария) (рис. 8.4).

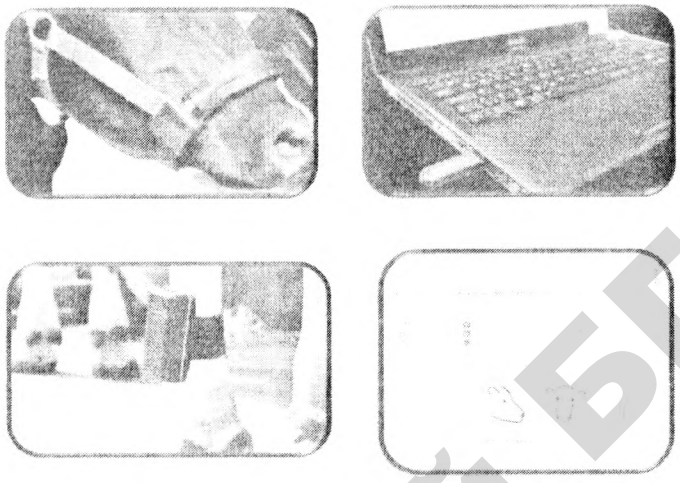


Рисунок 8.4 - Система мониторинга состояния здоровья жвачных животных

Эта система быстро и наглядно демонстрирует изменения в поведении животных при пережевывании жвачки, поедании кормов, потреблении воды, передвижении и отдыхе. Передача информации на компьютер происходит беспроводным способом. Дополнительная карта памяти расширяет возможности системы и увеличивает срок использования устройства без архивирования полученных данных (до четырех месяцев). Благодаря низкой энергоемкости срок эксплуатации с одним набором батарей составляет до двух лет.

Система включает закрепленные на каждом животном двух датчиков (на хомуте и ноге коровы) и специальной компьютерной программы. Обеспечивает постоянное и эффективное наблюдение за важными параметрами состояния здоровья каждого животного в отдельности. Достоверно установленное снижение количества жевательных движений за определенный период времени свидетельствует о нарушениях в работе органов пищеварения коровы или ошибках в подборе рациона кормления. Система RumiWatch позволяет животноводам, консультантам, ветеринарам и ученым делать быстрые и компетентные выводы о состоянии здоровья животного и может использоваться как вспомогательный инструмент при принятии решений.

Для контроля за состоянием здоровья животных необходимо также иметь сведения о динамике массы каждого из них (снижение массы - один из симптомов заболевания животного). Для решения этой проблемы разрабатываются автоматические устройства, являющиеся неотъемлемой составляющей частью современных систем управления молочным стадом.

Так, фирма «Holscher+Leuschner» (Германия) разработала прибор optiCOW для измерения и взвешивания коров (рис. 8.5).

Модуль для трехмерного измерения коров полностью автоматический. С помощью устройства коротковолнового инфракрасного излучения (RFID) коровы индивидуально опознаются в специальном проходном загоне для животных, снимаются на трехмерную камеру и автоматически взвешиваются. Математико-статистическая аналитическая программа создает трехмерную модель задней части животного и по полученным данным рассчитывает индекс его физического состояния BCS (Body Condition Score). Эта обрабатывающая изображения программа позволяет получить объективную информацию о динамике массы каждой коровы в течение всего периода лактации. Благодаря устройству optiCOW фермер без дополнительных затрат труда получает точную информацию о физическом и физиологическом состоянии каждой коровы и может целенаправленно управлять их продуктивностью, внося коррективы в рацион кормления и условия содержания.

Репозиторий БГАТУ

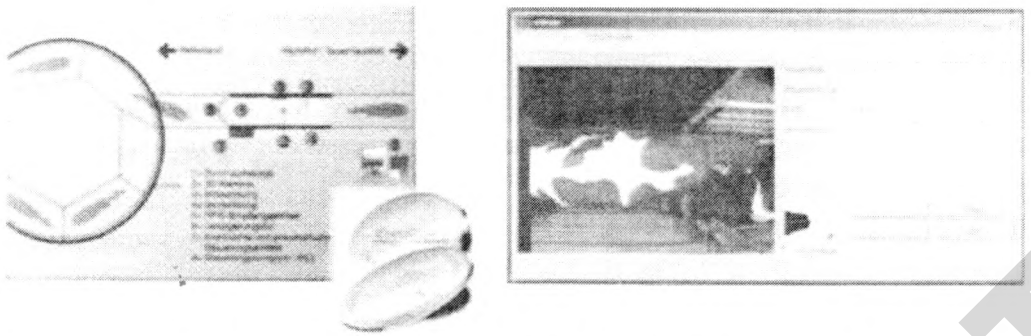


Рисунок 8.5 - Схема работы прибора optiCOW для измерения и взвешивания коров

Укрупнение предприятий, оптимизация всех затрат, сокращение количества работников - основные направления развития современного животноводства. Их сочетание с требованиями общества к содержанию животных и качеству производимой продукции выдвигает на первый план вопросы эффективного менеджмента предприятия. Принимая это во внимание, рядом фирм были предложены программные продукты, подтверждающие тренд выставки в сторону системных решений, которые станут основой эффективного управления фермой.

Примером этого является система менеджмента и мониторинга для животноводческих комплексов Farm Manager 1.0 от компании «Schauer Agrotronic GmbH» (Австрия). Данная интерактивная программа осуществляет мониторинг всех необходимых систем, включая расход кормов и воды, микроклимат, движение животных, состояние и работу оборудования. В случае чрезвычайной ситуации управляющий извещается о проблеме посредством E-Mail или СМС. Данные о кормлении, вентиляции и др. постоянно хранятся в центральной базе данных, что очень удобно для последующего анализа и принятия решений. Благодаря базе данных, в том числе записям видеокамер, причины поломок быстро выявляются и вовремя устраняются.

Программа Farm Power-Manager является новым программным обеспечением для контроля всего расхода энергии на ферме, в том числе зависящий от тарифов анализ затрат, а также прогноз будущего расхода. Сбор и представление информации о детальном энергопотреблении в производстве - первое исходное условие экономии энергии. Только тот, кто знает расходы на отдельные технологические процессы (например, кормление, поение, сбор яиц, удаление помёта, создание и поддержание микроклимата), может оценить возможный потенциал экономии энергии и избежать дорогих максимальных нагрузок (рис. 8.6).

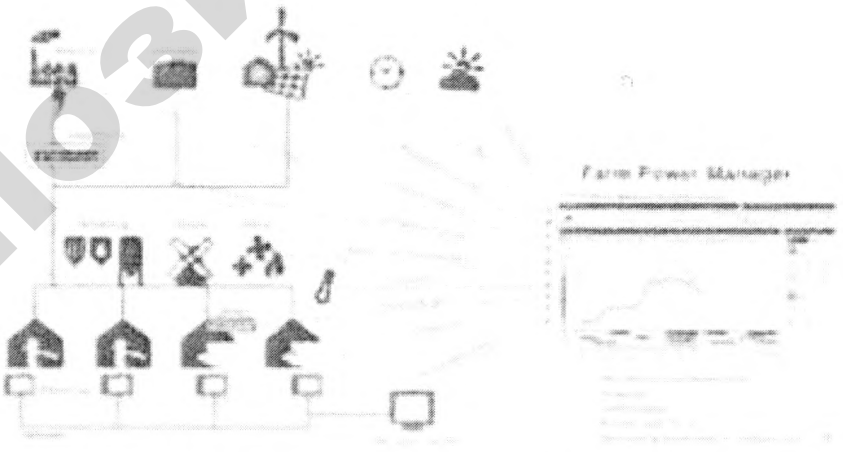


Рисунок 8.6 - Компьютерная программа управления фермой Farm Power Manager фирмы «Big Dutchman» (Германия)

Репозиторий БГАТУ

Программное обеспечение не только ведет учет расхода электроэнергии, но и увязывает его с такими данными, как порода, количество и возраст животных (птицы). Таким образом, можно сравнить данные по расходу на каждую голову, каждое здание или каждую установку. Кроме того, можно собрать и учесть данные о погоде от служб Интернета, данные датчиков микроклимата или данные об энергии, производимой ветровыми, солнечными или биогазовыми энергетическими установками с помощью дополнительно устанавливаемого счетчика электроэнергии, установить граничное значение расхода, при превышении которого генератор вырабатывает дополнительную энергию. Анализ рентабельности на основе расходов позволяет лучше планировать инвестиции на будущее.

Компьютеризация процессов кормления, создания и поддержания микроклимата позволила исключить влияние человеческого фактора, повысив технологическую дисциплину на предприятиях, и одновременно обеспечить получение достоверной информации для принятия оптимальных управленческих решений.

Аналогичная разработка немецкой фирмы «Big Dutchman» - система Big Farm Nct (рис. 8.7) позволяет управлять микроклиматом, автоматической системой кормления и всеми производственно - экономическими процессами (содержание свиноматок, доращивание поросят и откорм, выращивание птицы).

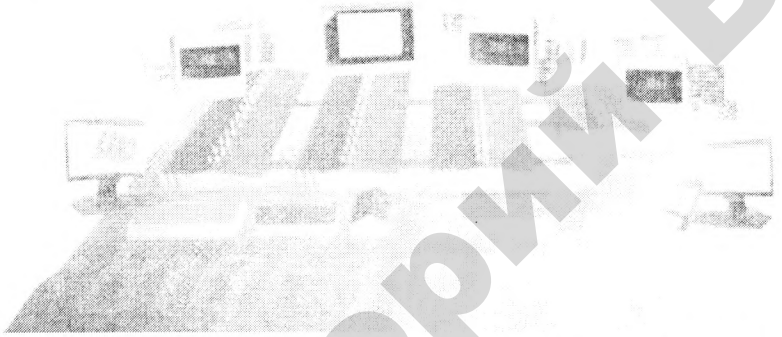


Рисунок 8.7 - Система Big Farm Net немецкой фирмы «Big Dutchman»

Компьютеры системы объединены в одну сеть. Благодаря этому обеспечивается одновременный доступ ко всем данным, независимо с какого компьютера ведется работа - ПК в офисе или в животноводческом помещении. Компьютерная программа BigFarmNet-Manager позволяет графически и в виде таблиц отображать, подготавливать и управлять данными по микроклимату, а также всеми производственными данными с одного ПК в офисе. Настройки по корму, воде и освещению могут быть внесены и затем автоматически перенесены на остальные помещения, работающие в идентичном производственном режиме. Это служит наилучшей предпосылкой для наиболее полного использования потенциала продуктивности поголовья, экономии расходов и, как следствие, достижения хороших результатов.

8.4 Электронные системы идентификации

Ключевым элементом информационных технологий в животноводстве являются электронные системы идентификации животных, которые лежат в основе автоматизации многих операций и технологических процессов, выполняемых на фермах.

Принцип автоматической идентификации основан на взаимодействии специального маркировочного устройства, содержащего код животного и размещенного на его теле, и приемного блока с антенной, установленного на соответствующем оборудовании.

Обычно маркировочное устройство выполнено в виде бесконтактного импульсного датчика-ответчика (транспондера): пассивного (без источника питания) или активного (с источником питания). Использование датчиков того или иного типа зависит от конкретной ситуации.

Репозиторий БГАТУ

Благодаря использованию новейших средств микроэлектроники и сенсорики, снижению потребления энергии и улучшению передачи сигнала появилась возможность применения в качестве датчика так называемых чипов (Radio Frequency IDentification - RFID), т. е. электронных микросхем, находящихся в отдельном корпусе минимальных размеров и массы, которые можно вмонтировать в ушные бирки или вживлять (имплантировать) в тело животных.

Большинство RFID-меток состоит из двух частей: первая - интегральная схема для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала и некоторых других функций, вторая - антенна для приёма и передачи сигнала.

Систематизации RFID-меток производится по рабочей частоте, источнику питания и типу памяти.

Принципиальные различия микрочипов разных производителей касаются их массы, размеров, объема памяти, кодирования, материала изготовления капсулы, инъектора и цены.

Необходимым условием для широкого распространения транспондеров на практике являются совместимость и взаимная читабельность электронных систем распознавания животных. Это требование вызвано тем, что при перемещении скота из одного хозяйства в другое вживленный транспондер может стать причиной неправильной идентификации, результаты которой в виде номера животного используются для решения организационных задач. Поэтому возникла проблема создания единого стандарта в области электронной идентификации. На данный момент времени существует несколько стандартов:

«Открытый стандарт» Европейской ветеринарной ассоциации (FECAVA), которая предложила взять за образец стандарт, разработанный компанией «Destron». Её протоколы и интерфейс были помещены в открытый доступ, и любая компания могла легитимно воспользоваться информационными материалами для производства микрочипов, ничем не отличающихся от микрочипов «Destron». Этим способом воспользовалась, например, компания AVID, которая начала программирование кодов с противоположного конца номерного ряда. Но в какой-то момент номера компаний «Destron» и AVID начнут «накладываться» друг на друга, что создаст большую проблему, так как смысл идентификации состоит, в том числе в обеспечении уникальности кода для каждого животного;

«Открытый стандарт» ISO (International Organization for Standardization), который разрабатывался в течение пяти лет крупнейшими компаниями-производителями электронных систем идентификации - группой четырёх (AEG, «Datamars», «Nedap» и «Trovan») и «Texas Instruments». Он получил международное признание, и большинство компаний-производителей используют именно ISO 11784/85.

В ISO 11784 представлена структура кодировки номера животного, а в рабочем документе ISO/WD 11785 установлены технические функции системы идентификации (SC 19).

В настоящее время готовится к выходу новый модернизированный стандарт ISO 14223, в котором будут затрагиваться такие вопросы, как применение микрочипов стандарта RW (Read/Write), новые уровни безопасности (второй уровень кодирования микрочипа), температурные датчики и др. Действующий стандарт будет включен в ISO 11784/85.

Следует отметить, что пока ни один из стандартов не является обязательным, это создает проблему совместимости различных систем идентификации друг с другом, но большинство компаний, которые работают на международном рынке и стремятся к соответствию международным стандартам качества, используют стандарт ISO.

При использовании электронных средств мечения (электронных бирок и чипов) для чтения информации применяются сканеры. Принцип получения информации состоит в следующем: помещенное на достаточном расстоянии сканирующее устройство (сканер) активизирует индукционную катушку с помощью электромагнитного сигнала, а катушка, в свою очередь, передает сканеру цифровой код. Расстояние зависит от мощности сканера и размера микрочипа. Код отображается на дисплее сканера и в зависимости от его типа может сразу заноситься в память аппарата и затем передаваться на сервер. В другом случае информацию со сканера в базу данных компьютера надо заносить вручную.

Сканеры делятся на три вида: ручные (карманные), стационарные и мобильные (переносные). Ручные сканеры (рис. 8.8) нашли широкое применение из-за простоты в использовании и невысокой цены.

Репозиторий ГГАТУ

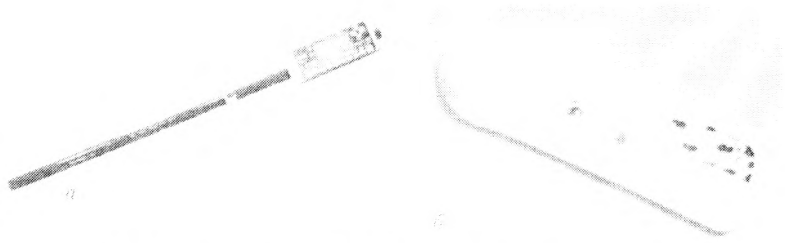


Рисунок 8.8 - Сканеры: а – ручной; б - карманный

В зависимости от исполнения они оснащены как широким, так и ограниченным набором функциональных возможностей. Например, самый простой ручной сканер имеет возможность только считывать номер с метки. Из-за малого размера антенны и маломощного источника питания расстояние считывания минимально (примерно 5…20 см).

Стационарные сканеры крепятся неподвижно в зонах контроля и обеспечивают максимальные показатели по дальности и быстродействию. Подключаются к системам учета по интернету, работают с антеннами различных типов, способны одновременно обрабатывать данные с десятков меток. Задача таких сканеров - поэтапно фиксировать перемещение маркированных объектов в реальном времени либо идентифицировать положение меченых объектов в пространстве.

Мобильные (переносные) сканеры обладают большей дальностью действия и могут иметь постоянную связь с программой контроля и учета. Мобильные сканеры имеют внутреннюю память, в которую записываются данные с прочитанных меток (эту информацию можно загрузить в компьютер) и, как и стационарные, способны записывать данные в метку (например, информацию о производственном контроле). К преимуществу электронных систем идентификации на основе RFID-меток отнести следующие:

- отсутствие необходимости в прямой видимости метки;
- значительное расстояние чтения информации, размещенной в метке;
- большой объем сохраняемой информации;
- возможность одновременного чтения нескольких меток;
- считывание данных при любом расположении;
- устойчивость к воздействию окружающей среды;
- высокая защита метки от подделки, возможность одновременного хранения открытой и закрытой информации.

Наряду с отслеживанием перемещения животных системы электронной идентификации получили широкое распространение в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП). Так, в молочном животноводстве автоматизация подготовительных операций доения, самого доения и заключительных операций в сочетании с автоматической идентификацией животных позволяет создать единую систему управления стадом.

Для динамических групп предлагается использовать автоматические системы индивидуального обслуживания животных, с помощью которых можно значительно повысить уровень управления стадом. Примером оборудования данного вида являются разработки немецкой фирмы «Bernhard Mannebeck Landtechnik GmbH» и голландской «Nedap Agri». Установки Nedap Velos Sowtrack и INTEC MAC позволяют полностью исключить участие человека при сортировке животных. Достигается это путем установки как электронной системы самокормления, так и блоков отделения, взвешивания и системы определения охоты.

Специалистами австрийской фирмы «Schauer Maschinenfabrik Gmb H&Co KG» разработана система локализации животных Argus Welfare System. По сигналам датчиков, размещенных в помещении и взаимодействующих со средствами электронной идентификации животных, система определяет не только пространственное положение животного, но и его физиологическое и физическое состояние, тем самым позволяя корректировать рацион кормления. Данная система может быть использована в хозяйствах с растущим размером поголовья, обеспечивая значительное повышение производительности труда.

Репозиторий БГАТУ

Таким образом, автоматизация контрольного осмотра становится необходимым условием повышения продуктивности животных. Информационные технологии дают возможность, с одной стороны, рано опознавать поведенческие изменения и, следовательно, возможные заболевания, с другой - полученные данные могут быть использованы для регулирования или оптимизации работы систем, связанных по стандарту IS Oagri NET.

Важными приоритетами для потребителей остаются безопасность, качество и вкус продуктов питания. Одновременно они стали обращать внимание на условия содержания и кормления животных и птицы, отношение к ним. Отследить происхождение продукта помогают системы прослеживания, создаваемые за рубежом. Все они базируются на принципах идентификации, ведения учета и выстраивания информационной структуры.

В России система электронной идентификации широкого распространения пока не получила. Тем не менее, по оценкам экспертов, наша страна обладает достаточно большим потенциалом ее использования. В настоящее время в ряде регионов России в молочном животноводстве при реконструкции ферм применяют системы электронной идентификации коров, благодаря чему стало возможным беспривязное содержание животных с полной автоматизацией процесса доения. Данная технология I позволила в несколько раз снизить затраты труда и энергоресурсов на фермах. Применение автоматизированной системы управления на фермах обеспечивает систематизацию всей необходимой информации о каждом животном: от ежедневных сводок по надоям до данных о состоянии здоровья, даты осеменения и времени отела.

8.5 Точные технологии в сельском хозяйстве

Научно-технический прогресс в развитии микроэлектроники, информационной и телекоммуникационной техники, создание глобальных систем позиционирования и геоинформационных систем заложили фундаментальные основы для разработки и реализации дифференцированных в пространстве и времени агротехнологий. Этот качественно новый инновационный технологический комплекс получил название «Точное сельское хозяйство» (Precision Agriculture).

Основополагающими принципами реализации технологий точного сельского хозяйства являются: сбор массива достоверных исходных экспериментальных данных об объекте; система менеджмента данных на основе новых методологических подходов анализа и синтеза; трансформация и трансляция информации для использования в системе управления техническими средствами и агротехнологиями.

Реализация стратегии точного сельского хозяйства направлена на заметное повышение эффективности аграрной отрасли, снижение техногенных затрат и себестоимости продукции и создание реальных условий для соблюдения установленных экологических требований и нормативов в рамках производственного процесса. Реализация стратегии точного сельского хозяйства требует мероприятий, которые с учетом зоны выращивания, погодных условий и состояния посевов целенаправленно проводятся для получения оптимальной структуры посевов и реализации специфической для данной местности потенциальной урожайности сорта при оптимальной интенсивности возделывания и минимизации экологического ущерба.

Управление посевами предусматривает выполнение следующих мероприятий: применение удобрений, регулирование роста растений, борьбу с сорняками, болезнями и вредителями, т. е. тех мероприятий, которые по существу и являются технологией возделывания сельскохозяйственных культур. Однако из разнообразия конкретных местных и погодных условий вытекает, что управление посевами нельзя проводить по одной и той же схеме. Даже в одном хозяйстве для каждого поля, в зависимости от меняющихся условий в разные годы, необходимо принимать разные решения.

На основе знания о компонентах урожайности данной культуры, данного сорта, формирования урожайности в разных фазах развития следует исходя из состояния посевов на данном поле определять тактику управления ими для достижения высокой урожайности. Управление посевами — это комплекс мероприятий, основанных на знании и опыте хозяйствования в определенных природных условиях.

Как правило, управление посевами тем легче, чем ближе к нижнему пределу, оптимальному для данной местности и сорта, густота стояния посевов после всходов или в начале вегетации. До-

Репозиторий БГАТУ

ступная влага и длительность вегетации тоже оказывают влияние на возможность управления посевами. Все внимание при управлении посевами должно быть направлено на максимальное образование у растений продуктов уборки (зерен, масло семян и др.) при высоком их качестве, с одновременным ограничением развития до необходимой величины других органов — листьев, стеблей и корней.

Для этого, например, мероприятия по управлению посевами зерновых проводятся так, чтобы, исходя из оптимальных норм высева для данной местности, умеренной первой дозы азота с учетом Nmill в почве и состояния посевов на начальной фазе развития, образовалась умеренная биологическая масса для меньшего потребления влаги и снижения опасности развития болезней. Обеспеченность азотом в фазе выхода в трубку способствует развитию хорошо сформированных репродуктивных органов.

Слишком раскустившееся растение у зерновых требует дополнительно до 30% влаги для образования единицы зерна по сравнению с растениями, имеющими меньшее количество продуктивных стеблей. Конкуренция за влагу между большим количеством стеблей на ранних стадиях дает особенно отрицательные результаты в засушливых регионах.

Оптимальный для данной местности срок посева и целенаправленные мероприятия по защите растений на основе порога вредоносности должны быть такими, чтобы растения в наиболее полной мере использовали вегетационный период для формирования компонентов урожайности.

Конкретные шаги (тактика) управления посевами зависят не только от местности и от погодных условий. Проблема нынешних систем управления состоит в том, что, решая провести то или иное мероприятие (обработка почвы, посев, внесение азота, внесение регуляторов роста, применение гербицидов и фунгицидов), исходят из гомогенности посевов. Не учитывается неоднородность посевов и условия роста в пределах поля. Для такого учета требуется реализация дифференцированного по площади поля управления посевами.

Реализовать принципы дифференцированного управления позволяет внедрение в сельскохозяйственную практику технологий «точного земледелия», суть которых заключается в выполнении сельскохозяйственных операций с учетом пространственной и временной изменчивости параметров плодородия почвы, состояния растений, природно-климатических условий с целью создания наиболее благоприятных условий для роста и развития растений. Эта система земледелия характеризуется комплексом качественно новых признаков, обусловливающих возможность управления продукционными процессами на всех стадиях развития растений с целью более высокой реализации генетического потенциала новых сортов и гибридов растений, получения высококачественных и безопасных продуктов питания и сырья для перерабатывающей промышленности, снижения расхода техногенной энергии на каждую дополнительную единицу продукции.

В Европе используют термин «Precision Agriculture» как точное сельское хозяйство, а «Precision Farming» — как точное земледелие.

Подобная терминология в последние годы распространилась и на динамично развивающееся животноводство: точное животноводство (Precision Livestock Farming) с его отраслями — точное молочное скотоводство (Precision Dairy Farming), точное свиноводство (Precision Pork Farming) и точное птицеводство (Precision Poultry Farming).

Основными этапами реализации технологий точного земледелия являются:

- сбор исходных данных (информация о хозяйстве, поле, культуре, регионе);
- система менеджмента данных (анализ информации и принятие решений);
- использование информации для управления элементами агротехнологий и техническими средствами. Систему точного земледелия можно подразделить на четыре подсистемы (Д. Шпаар и др.):
- менеджмент организационно-методических мероприятий на основе автоматического сбора данных:
- организация и экономика хозяйства;
- внутрихозяйственное опытное дело;
- администрация и управление;
- менеджмент качества;
- управление посевами с учетом неоднородности агроэкологических условий роста и развития культур в пределах отдельно взятого поля:

Репозиторий БГАТУ

- обработка почвы;
- посев;
- внесение удобрений;
- защита растений;
- орошение;
- уборка;
- менеджмент машинно-транспортного и технологического обеспечения:
- централизованный контроль и управление машинами;
- контроль места нахождения;
- планирование маршрутов с централизованной или индивидуальной организацией выполнения;
- менеджмент рабочих процессов на основе использования робототехники:
- управление оборудованием;
- автоматическое управление вождением;
- сочетание управляемых и беспилотных машинно-тракторных агрегатов;
- комплексы беспилотных тракторов и комбайнов традиционной и специальной конструкции.

На основе постоянного усовершенствования информационной техники, оптико-электронных датчиков (сенсоров) и оптических систем (камер) робототехники, моделей и программ программного обеспечения создаются реальные предпосылки для возрастающего применения элементов точного земледелия в менеджменте хозяйств, для управления продуктивностью агроценозов и поголовьем животных с учетом требований охраны окружающей среды.

К элементам точного земледелия, которые в настоящее время находят практическое применение, можно отнести следующие:

- определение границ поля с использованием ГСП;
- дистанционное зондирование (аэро- или спутниковые фотосъемки);
- системы параллельного вождения агрегатов;
- локальный отбор проб в системе координат;
- составление карт электропроводности почв;
- составление карт урожайности;
- дифференцированное внесение удобрений, извести, средств защиты растений;
- дифференцированная механическая обработка почвы;
- дифференцированный посев;
- дифференцированное внесение азота и регуляторов роста;
- мониторинг фитосанитарного состояния посевов (сорняки, болезни, вредители);
- мониторинг урожайности с использованием ГСП;
- мониторинг качества урожая.

Из элементов точного животноводства широкое применение на практике находят:

- идентификация и мониторинг отдельных особей с использованием современных информационных технологий (рацион кормления, удой, привес, температура тела, активность), удовлетворение их индивидуальных потребностей в кормах в зависимости от продуктивности;
- автоматическое регулирование микроклимата в животноводческих помещениях и контроль эмиссии вредных газов;
- мониторинг состояния здоровья стада;
- мониторинг качества продукции животноводства;
- электронная база данных производственного процесса;
- роботизация процессов доения.

В последние годы ученые и практики сельского хозяйства все в большей степени рассматривают точное земледелие не только как технологию для учета неоднородности и изменчивости условий роста и развития культурных растений, но и как исходную точку, а в перспективе — решающую составную часть компьютеризованного производства сельскохозяйственной продукции, управляемого информационной системой на основе использования всех возможностей информационных технологий. При этом большое внимание уделяется достижению высокой экономической эффективности агротехнологий, эффективному менеджменту информационного массива, а также вопросам охраны окружающей среды. На этой основе в перспективе будет формироваться единая

Репозиторий БГАТУ

комплексная компьютеризованная система менеджмента производственной деятельности для всего сельскохозяйственного предприятия.

Большое применение в сельском хозяйстве в настоящее время находят глобальные навигационные спутниковые системы.

Применение систем позиционирования дает возможность наиболее эффективно провести вспашку, дифференцированно внести удобрения, средства защиты растений, посеять сельскохозяйственные культуры, составить карты плодородия и урожайности.

Система позиционирования включает антенну-приемник глобальных позиционных систем GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия), устанавливаемую на агрегат и пеленгующую сигналы со спутников, находящихся в зоне приема. Для точного определения местонахождения объекта в пространстве и во времени достаточно получать сигналы с трех-четырех спутников (из 24), вращающихся вокруг Земли. Точность определения местонахождения объекта находится в диапазоне от нескольких метров до 1 см.

Использование программы Farm Works Pro для решения актуальной проблем в области спутниковой навигации и контроля за данными сельскохозяйственных предприятий позволяет руководителям хозяйств сделать следующее:

- получить информацию по картам урожайности полей, определить необходимость внесения удобрений для каждого участка поля;
- получить полноцветную распечатку карт на принтере совместимом с любой Windows TM;
- автоматически получить сетки любого поля и сетки любого размера для отбора проб почвы. Эта процедура автоматически позволяет создавать линии сетки с учетом пробы грунта;
- быстро рассчитать доходность любого поля для различных условий работы;
- быстро получать данные по урожайности и определять среднюю доходность для каждого типа почвы;
- разделить или объединить поля в любое время, чтобы отразить изменения в методах ведения сельского хозяйства.

Имеется успешный опыт практического применения технологий точного земледелия в хозяйствах Самарской, Белгородской, Курской, Ленинградской, Тюменской областей, Республики Татарстан и др.

По данным ГНУ АФИ Россельхозакадемии (Санкт- Петербург), благодаря дифференцированному внесению минеральных удобрений на посевах яровой пшеницы в Ленинградской области сэкономили около 20% минеральных удобрений и получили урожайность на 15% выше, чем при обычном внесении той же техникой (на соседнем контрольном участке). Урожайность же достигла 60 ц/га (в пересчете на амбарную влажность — 14%).

Сдерживающими факторами распространения технологий точного земледелия в России являются:

- отсутствие механизма приоритетного стимулирования сельхоз товаропроизводителей, применяющих технологии точного земледелия;
- отсутствие цифровых карт полей в большинстве хозяйств, высокая стоимость электронного картирования и обновления карт;
- отсутствие доступных стационарных и передвижных референтных станций для повышения точности вычисления координат объекта, так как ряд технологических операций требует высокой точности (посев, междурядная обработка, подкормка и др.);
- отсутствие в серийном производстве отечественной аппаратуры высокоточной навигации с погрешностью 15…30 см (без взимания дополнительной оплаты за точность) и аппаратуры, позволяющей определять координаты с точностью до 3…5 см (возможно, с дополнительной оплатой) для высокоточной обработки высокорентабельных пропашных культур;
- отсутствие отечественных импортозамещающих машин и оборудования для выполнения технологических операций (обработка почвы, посев, опрыскивание, подкормка, уборка) в системе точного земледелия, использование которых позволит значительно сократить затраты при применении высокоточных технологий; отсутствие системы обучения пользователей.

Репозиторий БГАТУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешкин, В. Р. Механизация животноводства: Учеб.пособие для с.-х. вузов / В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. - М.: Агропромиздат, 1985. - 336 с.

2. Белявский, Ю. Эффективность кормления коров полнорационными кормосмесями / Ю. Белявский, В. Скоркин // Молочное и мясное скотоводство. – 1972. – № 3. – С. 5 – 6.

3. Белянчиков, Н. Н. Механизация животноводства. 3-е изд., перераб. и доп./ Н. Н. Белянчиков, А. И. Смирнов. - М.: Агропромиздат, 1990. - 432 с.

4. Велиток И.Г. Технология машинного доения коров.- М.: Колос,1975-с.248;

5. Вагин, Б. И., Побединский В. М. Практикум по механизации животноводческих ферм: Учеб.пособие для вузов/ Б. И. Вагин, В. М. Побединский. - Л.: Колос, 1983. - 239 с.

6. Ведищев, С.М.Изучение измельчителей корнеклубнеплодов: лаборат. работы для студ. 4 и 5 курсов спец. 110301, 110302, 110304 всех форм обучения / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. В. Брусенков. - Тамбов: ТГТУ, 2008. - 35 с.

7. Ведищев, С.М.Изучение объемных дозаторов кормов: метод.указ. по выполнению лаб. работ для студентов 4 курса спец. 110301, 110302, 110304 всех форм обучения / С. М. Ведищев, А. В. Прохоров, А. В. Брусенков. - Тамбов: ТГТУ, 2007. - 24 с.

8. Ведищев, С.М. Механизация приготовления кормов [Электронный ресурс]: в двух частях: учебное пособие для бакалавров и магистрантов / С.М. Ведищев, В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков, и др. – Тамбов: ИПЦ ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 2 опт.компакт-диска (CD-ROM). - Заглавие с диска.

9. Гершенгорен, Л. Р. Кормоцех для приготовления полнорационных кормосмесей / Л. Р. Гершенгорен, А. Н. Серов, В. Ф. Сичкар // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1988. – № 11. – С. 28 – 29.

10. Гришин, М. Е. Влияние параметров решет дробилки на показатели процесса измельчения / М. Е. Гришин, П. М. Рощин // сб. науч. тр.: Механизация сельскохозяйственного производства: т. 149. – 1970. – С. 131–134.

11. Жигжитов, А. В. Механизация процессов консервирования и приготовления кормов: Учебно-методическое издание/ А. В. Жигжитов. - Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО «БГСХА» им. В.Р. Филиппова, 2008. - 110 с.

12. Завражнов, А. И. Механизация приготовления и хранения кормов: Учеб.пособие для вузов / А. И. Завражнов, Д. И. Николаев. - М.: Агропромиздат, 1990. - 335 с.

13. Зарубежные машины и оборудование для животноводства: Каталог. Ч.1. / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров, Т.Н. Кузьмина. - М. ФГНЕУ «Росинформагротех», 2006. - 196 с.

14. Зарубежные машины и оборудование для животноводства: кат.ч. 2. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. - 176 с.

15. Зеленев, А. А. О работе решета молотковой дробилки / А. А. Зеленев // Сельхозмашины. – 1953. – № 4. – С. 15–19.

16. Карташов, Л.П. Механизация, электрификация и автоматизация животноводства / Л.П. Карташов, А.И. Чугунов, А.А. Аверкиев.- М.: Колос,1997 -с.368;

17. Краско, В. В. Полнорационные кормосмеси в кормлении коров / В. В. Краско, Г. И. Шведова // Научные труды ВАСХНИЛ. – М. : Колос, 1975. – С. 14–18.

18. Измельчитель зерна: пат. 5099 Респ. Беларусь, МПК6 A 01 F 29/00 / А.В. Китун, В.И. Передня; заявитель Белорус.гос. аграрный ун-т. № u 20080608; заявл. 29.07.08; опубл. 28.02.09 // Афіцыйныбюл. / Нац. цэнтрінтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 2. – С. 142.

19. Китун, А.В. Обоснование выбора конструкции измельчающего аппарата консервированного влажного зерна / А.В. Китун, В.И. Передня, И.М. Швед, В. Романюк // Доклады международной научно-практической конференции «Тракторы, автомобили, мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы развития», Минск, 12-13 июня 2008 г. в 2 ч. / Белорус.гос. аграрный ун-т; редкол.: А.В. Кузьмицкий [и др.] – Минск : 2009. – С. 118–121.

20. Китун, А.В. Обоснование многофункционального измельчителя зернофуража влажностью более 14% / А.В. Китун, В.И. Передня, И.М. Швед // Перспективы развития сельского хозяйства: наука, образование и практика. Материалы росийско-германской научно-практической конферен-

Репозиторий БГАТУ

ции, Воронеж, 24-25 октября 2008 г. / ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – Воронеж: 2009. – С. 146–151.

21. Китун, А. В. Определение рациональной вместимости бункера-питателя кормов / А. В. Китун, В. И. Передня // Вестник Белорусской Государственной Сельскохозяйственной Академии. – 2006. – № 3. – С. 132–135.

22. Китун, А. В. Оптимизация пропускной способности решёт / А. В. Китун, В. И. Передня // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 6. – 47с.

23. Китун, А. В. Приготовление и раздача кормов крупному рогатому скоту многофункциональными машинами: дисс. докт. тех. наук. / А. В. Китун. – Минск : 2012. – 299 с

24. Китун, А. В. Состояние систем для механизации процессов приготовления и раздачи кормов. / А. В. Китун, В. И. Передня // Агропанорама – 2004. – № 5. – С. 19–23.

25. Китун, А.В. Энергосберегающая технология заготовки на фуражные цели зерна влажностью до 40% и средства её механизации / А.В. Китун // Энергосберегающие технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве. Доклады международной научно-практической конференции, Минск, 12-13 июня 2008 г. / Белорус.гос. аграрный ун-т. Часть 2 – Минск : 2008. – С. 44–48.

26. Китун, А.В. Энергосберегающая технология использования кормов на фермах крупного рогатого скота / А. В. Китун // Агропанорама. – 2004. – № 4. – С. 27–29.

27. Коваленко, В.П. Технологические комплексы машин для приготовления кормов. Учебное пособие / В.П. Коваленко, И.М. Петренко. – Краснодар: КГАУ, 2000. - 170 с.

28. Кондратов, А.Ф. Механизация животноводства: Учебное пособие/ А.Ф. Кондратов, В.П. Ожигов, И.Я. Федоренко, В.И. Земсков, Н.А. Петухов, М.Н. Мефодьев, У.К. Сабиев, В.А. Пиварчук, П.А. Патрин, А.Г. Христенко, А.П. Лисица. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т, 2005. - 488 с.

29. Коновалов, В.В. Механизация приготовления и раздачи кормов: учебное пособие/ В.В. Коновалов. - Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – 190 с.

30. Коновалов, В.В. Механизация технологических процессов животноводства: учебное пособие/ В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев. - Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 274 с.

31. Коновалов, В.В. Расчет оборудования и технологических линий приготовления кормов (примеры расчетов на ЭВМ): учебное пособие/ В.В. Коновалов. - Пенза: РИО ПГСХА, 2002. - 206 с.

32. Кормановский, Л.П. Механико-технологические основы точных технологий приготовления и раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту многофункциональными агрегатами / Л. П. Кормановский, М. А. Тищенко // – Зерноград: ВНИИПТИМЭСХ – М. , 2002. – С. 75–79.

33. Краско, В.В. Полнорационные кормосмеси в кормлении коров / В. В. Краско, Г. И. Шведова // Научные труды ВАСХНИЛ. – М. : Колос, 1975. – С. 14–18.

34. Кукта, Г. М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г. М. Кукта. – М. :Агропромиздат, – 1987. – 163 с.

35. Кулаковский, И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов: Справочник/Ч. 1./ И. В. Кулаковский, Ф. С. Кирпичников, Е. М. Резник. - М.: Россельхозиздат, 1987. - 286 с.

36. Кулаковский, И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов: Справочник/Ч. 2/ И. В. Кулаковский, Ф. С. Кирпичников, Е. М. Резник.- М.: Росагропромиздат, 1988. - 286 с.

37. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства / Д.Н. Мурусидзе, В.В. Кирсанов, А.И. Чугунов и др. - М.: Колос С, 2007. - 296 с.

38. Лабораторный практикум по механизации и технологии животноводства: учебное пособие / Б.И. Вагин, А.И. Чугунов, Ю.А. Мирзоянц, В.В. Калюга, В.В. Коновалов. – Вел. Луки, 2003. 560 с.

39. Леонтьев, П.И. Технологическое оборудование кормоцехов/ П.И. Леонтьев, В.И. Земсков, В. М. Потемкин. - М.: Колос, 1984. - 157 с.

40. Лобанов В.И. Процессы и аппараты: методические указания к выполнению практических работ/ В.И. Лобанов, С.Ю. Бузоверов. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 52 с.

41. Машков, Е.А. Операционная технология откорма крупного рогатого скота / Е.А. Машков. – М. :Росагропромиздат, 1988. – С. 90 – 91.

42. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. – М. : Колос, 1978. – 566 с.

Репозиторий БГАТУ

43. Мельников, С. В. О движении системы «барабан-молоток» / С. В. Мельников, В. С. Панова // сб. науч. тр. / Механизация сельскохозяйственного производства. Зап. ЛСХИ. Т. 143. Вып. 2. – 1969. – С. 9–16.

44. Мельников, С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов / С.В. Мельников. - Л.: Агропромиздат, 1985. - 640 с.

45. Механизация и технология производства продукции животноводства / В.Г. Коба, Н.В. Брагинец, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич. - М.: Колос, 1999. - 528 с.

46. Механизация приготовления кормов / Справочник под ред. В. И. Сыроватка. - М.: Агропромиздат, 1985. - 367 с.

47. Милев, А.Д. «Agritechnica 99»: Современные средства для подготовки и раздачи кормов / А.Д. Милев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – № 5. – С. 48– 52.

48. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, А.С. Гордеев, А.И. Завражнов. — М.: КолосС, 2007. — 591 с.

49. Пеев, Г.Д. Исследование безрешетной дробилки с вихревым сепаратором / Г.Д. Пеев // сб. науч. тр. / Механизация приготовления кормов: т.66. – М. , 1986. – 100 с.

50. Передня, В.И. Малозатратные технологические процессы–основа получения конкурентоспособной продукции / В.И. Передня. – Минск : 2013. – 133

51. Передня, В. И. Малоэнергоемкийизмельчитель зерна / В.И. Передня, А.И. Пунько // Агропонорама. – 1999. – № 1. – С. 25–27.

52. Передня, В.И. Механизация приготовления полноценных кормосмесей в поточных линиях для эффективного использования кормов на скотоводческих фермах: дисс. докт. тех. наук / В.И. Передня. – Минск : 1984. – 320 с.

53. Передня, В. И. Обоснование выбора конструкции измельчителя-смесителя влажного зерна / В.И. Передня, А.В. Китун, Ф.Д. Сапожников, В.М. Колончук, И.М. Швед, И.И. Скорб, Н.В. Романюк // Инженерный Вестник. – 2009. –№ 2. – С. 35–38.

54. Практикум по механизации животноводства: Учебное пособие / Ю.Т. Вагин, А.В. Крупенин, Г.П. Цыганюк, В.А. Шаршунов. - Мн.: Ураджай, 2000. - 477 с.

55. Приоритетные направления развития техники для животноводства за рубежом (По материалам Международной выставки «EuroTier-2006»): Науч. Ан. Обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 188 с.

56. Perednia, V.I., Romaniuk, W., Kitun, A.V. Определение параметров универсального измельчителя кормов / V.I. Perednia, W. Romaniuk, A.V. Kitun // Problemy intensyfikacji produkcji zwierzecej z uwzglednieniemochronysrodwiska i przepisow UE. VII Miedzynarodowa Konferencja Naukowa, Warszawa, 23-48 września 2001 r. / Institut Budownictwa, Mechanizacji Rolnictwa; red. E. Bień [i dr.], – Warszawa. – 2001. – P. 391–398.

57. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 87 с.

58. Рекомендации по заготовке и использованию плющеного зерна повышенной влажности. – Национальная академия наук Беларуси, – РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по животноводству». – РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Жодино, 2007. –15с.

59. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии: Учебник/ Под ред. А.И. Завражнова. СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 496 с.

60. Способ приготовления кормосмеси : пат. 14472 Респ. Беларусь, МПК7 С 1 А23К 1/16 / В.Г. Самосюк, В.И. Передня, А.В. Китун, А.Л. Тимошук, А.М. Тарасевич, А.А. Романович; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – № а 200881547; заявл. 04.12. 08; опубл. 10. 03.11 // Афіцыйныбюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 20011. – № 1. – С. 74.

61. Стратегия машино-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / В.И. Фисинин и др. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 80 с.

62. Тарасенко, А.М. Влияние площади сита на работу молотковой дробилки при центральном и радиальном способах загрузки / А.М. Тарасенко, В.В. Спорихин // сб. науч. тр. Воронежского СХИ / Улучшение эксплуатации машинно-тракторного парка, совершенствование конструкции и ремонт сельскохозяйственной техники: т. 62. – 1974. – С. 127–130.

63. Технологии и технические средства для ферм крупного рогатого скота. Информационно-справочный материал к Российский агропромышленной выставке «Золотая осень-2008» (10-14

Репозиторий БГАТУ

октября 2008 г., ВВЦ, г. Москва) / А.Д. Федоров, О.В. Гришина. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 414 с.

64. Тишанинов, Н.П. Новые направления совершенствования процессов измельчения компонентов кормов/ Н.П.Тишанинов, С.Г. Калиниченко// Достижения науки и техники АПК. 2007. №3. С. 46-48.

65. Тишанинов, Н.П. Универсальная дробилка компонентов кормов/ Н.П.Тишанинов, С.Г. Калиниченко, А.В. Анашкин// Наука в центральной России. 2013. №3. С. 4-10.

66. Тищенко, М.А. Обоснование параметров многофункционального агрегата на раздаче зеленых кормов и смесей / М.А.Тищенко, А.Н Токарева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 7. – С.24– 28.

67. Трудель, Н.В. Энергоемкость резания стеблей вдоль волокон / Н.В. Трудель, В.М. Верхуша // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 2. – С. 39–42.

68. Хазанов. Е.Е. Технология и механизация молочного животноводства: Учебное пособие / Е.Е. Хазанов, В.В. Гордеев, В.Е. Хазанов; под общ. ред. Е.Е. Хазанова. –СПб.: Издательство «Лань», 2010. -352 с.

69. Черкун, В. Я. Перспективы развития механизации приготовления кормов / В.Я. Черкун // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – № 12. – С. 22 – 24.

70. Федоренко, И.Я. Курсовое проектирование по механизации животноводства: Учебное - методическое пособие [Элетронный ресурс] / И.Я. Федоренко, В.И. Земсков, В.В. Садов, А.В. Борисов, А.К. Бец, И.Ю. Александров // Под общ.ред. И.Я. Федоренко. – Барнаул: Изд - во АГАУ, 2013. – Режим доступа: http://www.studfiles.ru/preview/6018752/.

71. Завражнов, А.И. Практикум по точному земледелию: Уч. пособие / А.И. Завражнов, М.М. Константинов, А.П. Ловчиков и др.- СПб.: Изд. «Лань», 2015.-224с.

72. Морозов, Н.М. Стратегия развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030года / Н.М. Морозов, П.И. Гриднев и др.-М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015.-152 с.

73. Электронные системы идентификации в животноводстве / ФГНУ «Росинформагротех».- М.: пос. Правдинский, 2011. – 29 с.

74. Харрис, К. Прослеживаемость и качество: чего ждут потребители / К. Харрис // Птица и птицепродукты. – 2009.-№3. - С. 18-19.

75. Беляевский Ю.И. Современная техника на молочных фермах и ее эксплуатация.- М.: Московский рабочий,1985 -с.164;

76. Грошев, В.Н. Выбор системы раздачи кормов / В.Н. Грошев, Ю.Л. Муромцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – № 8. – 19 с.

77. Кармановский, Л.П. Механико-технологические основы точных технологий приготовления и раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту многофункциональными агрегатами / Л.П. Кармановский, М.А. Тищенко // Зерноград : ВНИПТИМЭСХ, – 2002. – 344 с.

78. Китун, А.В. Выбор конструктивной схемы многофункционального измельчителя-смесителя кормов/ А.В. Китун, В.И. Передня, Г.А. Радишевский, Н.Г. Радишевская // Известия Белорусской инженерной академии.– 2004. – № 2. – С. 56–62.

79. Китун, А.В. К вопросу выбора схемы многофункционального измельчителя-смесителя кормов / А. В. Китун, В. И. Передня // Аграрная экономика. – 2005. – № 1. – С. 34–38.

80. Китун, А.В. Мобильные средства для раздачи кормов крупному рогатому скоту / А.В. Китун, В.И. Передня // Агропанорама – 2004. – № 6. – С. 22–26.

81. Китун, А.В. Методика расчёта числа транспортных средств для транспортировки кормов / А.В. Китун, Г.А. Радишевский, В.И. Передня, Н.Г. Радишевская // Инженерный вестник. – 2006. – № 2. – С. 31–34.

82. Смеситель-раздатчик кормов: пат. 1688 Респ. Беларусь МПК7 А 01 К 5/02 / В.И. Передня, А.В. Китун, А.А. Передня, А.А. Китун, В.М. Глецевич; заявитель Белорус.гос. аграрный ун-т. № u 20040176; заявл. 12.04.04; опубл. 30.12.04 // Афіцыйныбюл. / Нац. цэнтрінтэлектуал. уласнасці. – 2004. – № 7. – С. 125.

83. Щедрин, В.Т. Машины для раздачи кормов: Учебное пособие / В.Т. Щедрин. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2002. – 80 с.

84. http://profeedtech.com

85. http://products.trioliet.ru

Репозиторий БГАТУ

86. http://www.kuhn.ru

87. Бегучев, А.П. Справочник мастера машинного доения коров / А.П. Бегучев, Д.С. Соколов. - М.: Колос, 1983.-124 с.

88. Белянчиков, Н.Н. Механизация животноводства 2-е изд., перераб. и доп. / Н.Н. Белянчиков, А.И. Смирнов - М.: Колос, 1983.-360 с.

89. Ведищев, С.М. Механизация доения коров: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 110800 – «Агроинженерия» / С.М. Ведищев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. -160 с.

90. Волков, Е.И. Совершенствоание вакуумных средств механизации в молочном жиотноводстве / Е.И. Волоков, Б.Г. Зиганшин. – Казань: Изд-во Казанск. Ун-та, 2006. - 276 с.

91. Дегтярев, Г.П. Справочник помашинами оборудованию для животноводства (2-е изд., перераб. и доп.) / Г.П. Дегтярев. - М.: Агропромиздат, 1986. - 224 с.

92. Инновационная техника для животноводства (по материалам Международной выставки «EuroTier-2012»): науч. аналит. обзор / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров, В.С. Тихонравов, Т.Н. Кузьмина. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 208 с.

93. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.

94. Карташов Л.П. Словарь-справочник оператора машинного доения / Л.П. Карташов. - М.:Россельхозиздат, 1980. - 158 с.

95. Краснокутский, Ю.В. Механизация первичной обработки молока. 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.В. Краснокутский. - М.: Агропромиздат, 1988. - 335 с.

96. Краснокутский, Ю.В. Машины и оборудование для получения цельномолочной продукции / Ю.В. Краснокутский, Ю.Б. Панченко. - М.: Росагропромиздат, 1990. - 254 с.

97. Курак, А. Сосковая резина – заботливые руки / А. Курак // Белорусское сельское хозяйство. - 2013. - №2 (130). - Режим доступа: http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/soskovaja-rezina—-zabotlivye-ruki-doilnogo-apparata.

98. Мальцев, В.В. Учебная книга животновода / В.В. Мальцев, Е.Н. Бородулин, В.П. Забиячко и др. - М.: Агропромиздат, 1991.-191 с.

100. Механизация работ в животноводстве [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Кирсанов, Р.Ф. Филонов. - М.: ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. ГОрячкина, 2005. – Интерактивных лекций: 106, общая длительность видео: 10:00:00 ч:м:с. Режим доступа: window.edu.ru/resource/025/65025.

101. Мжельский, Н.И. Справочник по механизации животноводческих ферм и комплексов / Н.И. Мжельский, А.И. Смирнов.- М.: Колос, 1984. - 336 с.

102. Носов, М.С. Механизация работ на животноводческих фермах. 3-е изд., перераб. и доп. / М.С. Носов. - М.:ВО «Агропромиздат, 1987. - 415 с.

103. Париков, В.А. Гигиена доения и уход за выменем коров / В.А. Париков. - Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1974.-37 с.

104. Повышение эффективности производства продукции животноводства: Рекомендации / Н.М. Морозов, И.И. Хусанинов, В.Н. Базонов, Л.М. Цой, Е.Л. Ревякин. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008.-168 с.

105. Поляков, И.И. Основы животноводства.-2-е изд., перераб. и доп. / И.И. Поляков, Г.Г. Антиох. -М.: Колос, 1980.-288 с.

106. Похваленский, В.П. Доильные установки (технологические основы проектирования) / В.П. Похваленский. - М.: Машиностроение, 1971. - 161 с.

107. Производство молока. Дж.Кэмпбелл, Р.Т.Маршалл / Пер. с англ. М.Н.Барабанщикова, В.Р.Зельнера, Д.В.Карликова, Е.Г.Конаплева; Под ред. и с предисл. Н.В. Барабанщикова, А.П.Бегучева.-М.: Колос, 1980.-670 с.

108. Рыжов, С.В. Комплекты оборудования для животноводства: Справочник / С.В. Рыжов. - М.: Агропромиздат, 1986. - 352 с.

109. Техника для животноводства ведущих зарубежных фирм / Каталог. М.: ФГНУ «Роинформагротех», 2002. 84 с.

110. Технологическое и техническое обеспечение молочного скотоводства. Состояние, стратегия развития: Рекомендации / Ю.И. Иванов, В.К. Скоркин, Н.М. Морозов, В.И. Сыроватка, П.И. Гриднев, Л.М. Цой, И.И. Хусанинов, И.К. Текучев, Е.И. Резник, В.А. Денисов, Н.Н. Новикеов, В.П. Аксенова, Е.Л. Ревякин. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008.-228 с.

Репозиторий БГАТУ

Анатолий Иванович ЗАВРАЖНОВ,
доктор техн. наук, академик РАН;
Сергей Михайлович ВЕДИЩЕВ,
канд.техн. наук, доц. кафедры «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «Тамбовский ГТУ»;
Майдан Кабатаевич БРАЛИЕВ,
доцент, зав. каф. «Аграрные технологии и эксплуатация машин» ЗКАТУ имени Жангир хана;
Антон Владимирович КИТУН,
доктор техн. наук, проф., зав.каф. «Технология и механизация животноводства» УО Белорусский государственный аграрный технический университет;
Владимир Иванович ПЕРЕДНЯ,
доктор техн. наук, проф., гл.научный сотрудник РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации с.-х.»;
Николай Николаевич РОМАНЮК,
канд. техн. наук, доцент, первый проректор УО Белорусский ГАТУ;
Вадим Анатольевич БАБУШКИН,
доктор техн. наук, проф., ректор Мичуринского ГАУ;
Вячеслав Филиппович ФЕДОРЕНКО
доктор техн. наук проф., академик РАН, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

Учебное пособие для магистрантов и студентов специальности «Аграрная техника и технология»

Подписано к печати 13.11.2017 г.
Бумага листовая 80 м/г
Объем 51,5 ус.п.л. Заказ № 027
Тираж 200

Отпечатано в полном соответствии с качеством представленных оригиналов
в Западно-Казахстанском аграрно-техническом университете имени Жангир хана

090009, г.Уральск, Жангир хана, 51

I.
B.

Репозиторий БГАТУ