

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Алтайский государственный аграрный университет»

И.Я. Федоренко, В.В. Садов

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Часть 1

Механизация приготовления и раздачи кормов

Учебное пособие

Барнаул 2014

УДК 636 (075.8)

Рецензент – докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Сельскохозяйственные машины» Алтайского ГАУ Беляев В.И.

Федоренко И.Я., Садов В.В. Техника и технологии в животноводстве. Часть 1. Механизация приготовления и раздачи кормов: учебное пособие. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. - 207 с.

В учебном пособии изложены характеристики животноводческих ферм и комплексов, даны описания технологий заготовки, приготовления и раздачи кормов, методики расчета и подбора оборудования. Представлены теоретические материалы и оборудование, разработанное сотрудниками кафедры «Механизация животноводства» Алтайского ГАУ.

Пособие предназначено для студентов инженерных и технологических направлений, а также для специалистов сельскохозяйственного производства.

Рекомендовано к печати методической комиссией ИФ АГАУ (протокол №2 от 16 сентября 2014 г.)

Содержание

Предисловие	5
Введение	6
1. Общая характеристика ферм и комплексов	11
1.1. Технологии содержания животных	11
1.1.1. Системы и способы содержания крупного рогатого скота	11
1.1.2. Технология содержания овец	14
1.1.3. Технология содержания свиней	16
1.1.4. Технология содержания лошадей	19
1.1.5. Технология содержания птицы	21
1.2. Структура поголовья животных на ферме (комплексе)	23
1.3. Разработка генерального плана фермы	27
1.3.1. Общие требования к генеральным планам животноводческих ферм	27
1.3.2. Выбор территории строительства	31
1.4. Примеры генеральных планов	32
1.5. Постройки для содержания животных и птицы	35
2. Механизация кормопроизводства	40
2.1. Виды кормов	40
2.2. Качество кормов и продуктивность животных	42
2.3. Технологии заготовки кормов	46
2.4. Машины для заготовки кормов	54
3. Механизация подготовки кормов к скармливанию	74
3.1. Требования к кормам, способы и схемы приготовления	74
3.2. Измельчение зерновых кормов	78
3.2.1. Зоотехнические требования	78
3.2.2. Способы измельчения	82
3.2.3. Основные закономерности измельчения зерна ударом	85
3.2.4. Конструктивные особенности измельчителей ударного действия	87
3.2.5. Оборудование для плющения зерна	91
3.3. Измельчение грубых и сочных кормов	96
3.3.1. Зоотехнические требования	96
3.3.2. Рабочие органы измельчителей грубых и сочных кормов	98
3.3.3. Основы теории резания	99
3.3.4. Конструктивные особенности измельчителей	

грубых и сочных кормов	103
3.4. Прессование кормов в гранулы и брикеты	107
3.4.1. Зоотехнические требования и технология производства прессованных кормов	107
3.4.2. Реологические свойства кормов	111
3.4.3. Рабочие органы для гранулирования и брикетирования	115
3.4.4. Основные закономерности рабочего процесса штемпельных прессов	117
3.4.5. Параметры кольцевых рабочих органов	121
3.4.6. Оборудование для гранулирования кормов	124
4. Механизация приготовления кормовых смесей	127
4.1. Дозирование кормов	127
4.1.1. Основные понятия и зоотехнические требования	127
4.1.2. Оборудование для дозирования кормов	129
4.1.3. Технологические характеристики дозаторов	137
4.2. Смешивание кормов	141
4.2.1. Зоотехнические требования	141
4.2.2. Основные принципы смешивания	143
4.2.3. Теоретические основы смешивания	146
4.2.4. Технологические характеристики смесителей	148
4.2.5. Конструктивные особенности смесителей	150
4.3. Предприятия по приготовлению кормовых смесей	161
4.3.1. Кормоцехи для приготовления влажных кормосмесей	161
4.3.2. Комбикормовые цехи и агрегаты	166
4.5.1. Методика расчета кормоцехов	170
5. Механизация раздачи кормов	172
5.1. Требования к процессу раздачи кормов. Классификация кормораздающих устройств	172
5.2. Технические средства раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота	175
5.2.1. Основные схемы раздачи	175
5.3.2. Стационарные раздатчики	177
5.3.1. Мобильные кормораздатчики – смесители	181
5.4. Средства раздачи кормов на свинофермах	186
5.5. Средства раздачи кормов на птицефермах и фабриках	191
5.6. Методика расчета линий раздачи кормов	201
Литература	206

Предисловие

Данное учебное пособие предназначено для студентов аграрных вузов, обучающихся по направлению подготовки 110800 «Агроинженерия» (квалификация бакалавр). Потребность в таком пособии обусловлена двумя причинами:

1. Переходом на двухуровневую систему обучения в соответствии с ФГОС 3-го поколения.
2. Подготовкой современных технических специалистов в связи с необходимостью проведения существенной технологической модернизация животноводства нашей страны.

Освоение дисциплины должны обеспечить будущему специалисту основы его теоретической подготовки по технологии производства продукции животноводства, комплексной механизации трудоёмких процессов, умение ориентироваться в технической информации и выборе современных энергосберегающих технологий производства.

В результате изучения курса «Техника и технологии в животноводстве» студент должен получить представления о современных проблемах механизации и технологии производства продукции животноводства, о прогрессивных технологиях производства продукции животноводства, механизации основных технологических процессов, системах машин и оборудовании, применяемых на животноводческих фермах и комплексах, об особенностях производства продукции животноводства и механизации технологических процессов в животноводстве в условиях рыночной экономики.

Использование материала, изложенного в учебном пособии, позволяет студентам изучить современные технологии содержания животных, основанные на использовании технических средств нового поколения.

При написании учебного пособия были использованы методические материалы кафедры механизации животноводства Алтайского государственного аграрного университета, а также опыт преподавания данной дисциплины в других аграрных вузах страны.

Пособие может быть использовано студентами других учебных направлений, в частности направления «Зоотехния».

Авторы признательны рецензенту пособия профессору В.И. Беляеву за рекомендации и практические замечания, которые были учтены при окончательной доработке рукописи.

Введение

В настоящее время техническая оснащенность животноводства находится на довольно низком уровне. На фермах используется в большинстве своем морально устаревшая и физически износившаяся техника, свыше 70% парка которой имеют сверхнормативный срок эксплуатации. Это приводит к снижению надежности работы машин, нарушению рациональных технологических режимов содержания и кормления животных и, соответственно, к снижению их продуктивности. В отрасли имеется только 10 % технологического оборудования, которое отвечает современным требованиям.

В связи с известными социально - экономическими преобразованиями в нашей стране высокий уровень научного потенциала и опыт конструкторских организаций оказался в последние два десятилетия практически не востребован. Поэтому потребность в машинах и оборудовании для свиноводства и птицеводства удовлетворяется на 90-95% за счет импорта, на фермах крупного рогатого скота - на 50-60%.

Снижение потребления электроэнергии в животноводстве обусловлено не только сокращением объемов производства продукции, но и применением примитивных технологий, прежде всего в крестьянских хозяйствах, личных подворьях населения. Следствием этого стали: ухудшение качества продукции, рост падежа животных, сокращение продуктивного использования животных, ухудшение технического оснащения ферм, увеличение трудоемкости производства продукции, нарушение экологических и санитарных норм, снижение производительности труда.

На сельских подворьях между тем производят около 50% молока и свинины.

Ставка на фермерство в животноводстве не оправдалась. Фермеры производят только 4-5% животноводческой продукции.

Несмотря на положительные сдвиги в животноводстве с появлением комплексов европейского уровня, основная масса продукции этой отрасли производится в настоящее время по устаревшим технологиям, на физически и морально изношенном оборудовании, а часто и без такового, с использованием ручного труда (как это имеет место на сельских подворьях). Поэтому за постсоветское время производство продукции животноводства снизилось, по различным оценкам, в 1,6 - 2,2 раза, а его рентабельность находится на низком уровне и колеблется от 0,5-4,0 до 16-20%.

При производстве основных продуктов животноводства в России затрачивается, в расчете на единицу продукции, труда в 3-7 раз,

энергии в 2,5-3,5 раза и кормов в 1,5-2,0 раза больше, чем в передовых странах.

При таких показателях продукция животноводства никогда не будет конкурентоспособной, а страна не сможет противостоять продуктовой экспансии из-за рубежа.

С учетом усложняющейся демографической обстановки на селе и вступлением России в ВТО, задача ресурсосбережения в сельском хозяйстве становится не просто актуальной, а жизненно необходимой. В животноводстве нужны только те технологии и оборудование, которые существенно уменьшают потребности в людях, энергетических и материальных ресурсах и в то же время позволяют наращивать производство животноводческой продукции.

Существенное значение в обеспечении роста производства мяса имела государственная поддержка в рамках реализации приоритетного национального проекта "Развитие агропромышленного комплекса" в 2006 - 2007 годах и Государственной программы на 2008 - 2012 годы.

В соответствии с разработанной МСХ РФ и Российской академией сельскохозяйственных наук (РАСХН) «Стратегией машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020» предусматривается увеличение производительности труда в АПК не менее чем в 4 раза, сокращение в 1,5-2,0 раза потребности в работниках - операторах животноводства. При этом ведущее место отводится инновационной модернизации сельского хозяйства и ресурсосбережению, на базе которых поставлена задача достижения к 2020 году среднемировых показателей продуктивности животноводства.

В связи вступлением России в ВТО наше животноводство может выжить лишь в том случае, если будет опираться на крупное машинное производство.

Малые фермерские хозяйства, где себестоимость продукции, как правило, выше, чем на крупных предприятиях, также нужны. Они играют важную социальную роль, обеспечивая занятость населения в отдельных местностях. Они могут нормально функционировать при двух условиях:

1. Создание системы дотаций со стороны государства;
2. Создание на основе этих предприятий системы производства, переработки и реализации по повышенной цене экологически чистой продукции.

Эти вопросы, к сожалению, пока ждут своего решения.

В связи с этими задачами возрастает роль эффективного проектирования и эксплуатации животноводческих ферм и комплексов,

применения прогрессивных объемно - планировочных и технологических решений, новейших средств механизации производственных процессов. Особое внимание должно быть уделено защите окружающей среды от производственных вредностей и использованию отходов производства.

Практика последних лет показывает, что наилучшие результаты получаются при использовании мировых технологий с учетом экономических, климатических, демографических, организационно - юридических условий нашей страны.

Рост производительности труда, снижение затрат труда, энергии и других ресурсов может быть достигнуто за счет применения принципиально новой автоматизированной и многофункциональной техники, совершенствования технологий выполнения работ и технологий содержания и кормления животных, повышения квалификации персонала и улучшения организации труда.

В молочном скотоводстве это, прежде всего:

- доение коров в доильных залах, применение автоматизированных доильных установок со станками «Елочка», «Параллель», «Карусель» позволяющих уменьшить затраты труда на доение коровы в год с 45...50 до 15...22 чел-ч, а также обеспечивающих контроль за молокоотдачей, подготовку вымени и отключение аппаратов;

- приготовление кормовых сбалансированных смесей и раздача их мобильными раздатчиками;

- применение современных технических средств и технологий уборки и подготовки навоза к использованию, исключающих применение ручного труда на расстил подстилки и чистку стойл;

- применение комплектов машин для выполнения работ по холодному выращиванию телят, обслуживанию коров в родильных отделениях;

- создание и применение автоматизированных систем сбора, глубокого охлаждения и хранения молока;

- увеличение удельного веса применения беспривязного содержания скота до 15...20%, позволяющего на 45...55% уменьшить затраты труда по сравнению с привязным, расширения площадей культурных пастбищ.

В свиноводстве - переход к кормлению сбалансированными комбикормами и раздачей их автоматизированными трубными системами, применение унифицированного станочного оборудования, надежных энергосберегающих систем обеспечения микроклимата, автоматических систем уборки навоза.

Существенное влияние на повышение эффективности производства продукции животноводства оказывают продуктивность животных и птицы, уровень реализации генетического потенциала. В настоящее время генетический потенциал применяемых пород животных реализуется не более чем на 60%.

Стратегией развития животноводства на период до 2020 г. предусматривается рост производства продукции и повышение его эффективности в основном за счет применения факторов интенсификации - улучшения обеспечения кормами и снижения их удельных затрат на производство продукции, повышения продуктивности животных, улучшения показателей воспроизводства, применения рациональных технологий содержания и ресурсосберегающих технологических комплексов машин.

Если судить о мировых тенденциях развития животноводства, то можно, выделить следующие направления:

1. Автоматизация всех процессов. Совершенствование технологических процессов на ферме по-прежнему базируется на автоматизации, а именно внедрении прецизионного (точного) животноводства. Благодаря использованию электроники, датчиков, специального программного обеспечения и компьютеров становится возможной точная идентификация отдельных особей, что позволяет осуществлять индивидуальное обслуживание животных. Уже сегодня на практике применяется автоматическое кормление с индивидуальным дозированием корма, используются электронные системы контроля движения для определения больных животных или животных в охоте, автоматически документируется индивидуальная молочная и мясная продуктивность, а также качество молока и мяса. Дальнейшее развитие этих систем будет направлено на универсализацию, обуславливающую совместимость различных систем, сопоставимость собранных данных, охват всей производственной цепочки.

Сбор и анализ информации будет осуществляться не только внутри предприятия, возможен и обмен информацией с внешними партнёрами, и государственными органами.

2. Человек остается главным. Несмотря на все технические новшества, будет вечно существовать треугольник «человек-животное-техника». При этом человек был и остаётся главным звеном в данном треугольнике.

Работник современной фермы должен совмещать в себе три основных качества: *менеджера*, способного анализировать и целенаправленно использовать собранную информацию, *зоотехника*, пони-

мающего животных, и *инженера-программиста*, разбирающегося в технологической и компьютерной технике и программном обеспечении. Таких специалистов, желающих работать на селе, сегодня очень трудно найти.

3. Постоянный мониторинг современных тенденций. Чтобы успешно развиваться, нужно вовремя понять, какие технологии сегодня наиболее востребованы. Каждое хозяйство нуждается в индивидуальном решении. Специалистам необходимо посещение всех доступных выставок, семинаров и презентаций.

Несомненно, что высокие (т.е. высокоинтенсивные ресурсосберегающие) технологии являются самым современным типом технологий в животноводстве, за которыми будущее конкурентоспособного животноводства России.

Опыт передовых предприятий и регионов страны (Татарстан, Башкортан, Алтайский край, Ленинградская, Московская, Белгородская области и др.) наглядно показывает, что достижение высоких показателей и преодоление отставания в животноводстве возможны. Более того, этот опыт подтверждает, что в стратегическом плане именно повышение научно-технологического уровня производства является фундаментальным условием устойчивого роста и конкурентоспособности отечественного животноводства. И хотя современная макроэкономическая ситуация и ограниченные инвестиционные возможности государства и предприятий существенно затрудняют инновационную активность, в конечном счете именно нововведения способны дать решающий импульс преодолению технологического и технического спада и переходу к активному росту животноводства.

1.Общая характеристика ферм и комплексов

1.1.Технологии содержания животных

1.1.1. Системы и способы содержания крупного рогатого скота

Для крупного рогатого скота молочного направления применяют следующие системы содержания: круглогодичную стойловую (беспастбищную), стойлово-пастбищную и стойлово-лазерную. Способы содержания крупного рогатого скота: привязный и беспривязный (в боксах, комбибоксах, на глубокой или периодически сменяемой подстилке, на решетчатых полах).

При круглогодичном стойловом содержании коров для них необходимо организовывать активный моцион, но без принуждения механическими средствами.

Для сухостойных коров во всех случаях целесообразно предусматривать использование пастбищ.

При использовании пастбищ, удаленных от ферм более чем на 3 км, на них устраивают летние лагеря, оборудованные кормушками и поилками, навесами и загонами для скота, а также передвижными доильными установками.

Предусматривается следующая классификация крупного рогатого скота по возрастным группам с учетом физиологического состояния животных (молочного направления продуктивности): а) быки-производители в возрасте 1,5 лет и старше; б) коровы-дойные, сухостойные (стельные, которых прекратили доить перед отелом), глубокостельные (последние две недели до отела), новотельные (первые две недели после отела); в) нетели - стельные телки; г) телята - от рождения до 6 месяцев (в том числе профилакторный период 20 дней). д) молодняк - от 6 до 18 месяцев.

При *привязном содержании* животных размещают в индивидуальных стойлах на привязи с одновременным групповым или индивидуальным отвязыванием. Как правило, при привязном способе содержания используется подстилка. Кормление и поение животных организуют в стойлах, а при круглогодичном стойловом содержании кроме того и на выгульно-кормовых дворах. Доеение коров осуществляют в стойлах или на доильных площадках.

В течение дня животным (за исключением скота на откорме) необходимо предоставлять активный моцион на выгульных площадках продолжительностью не менее 2 часов.

Кормление и поение скота организуют в стойлах. При

круглогодичном стойловом содержании допускается в летний период организация кормления на выгульно-кормовых дворах.

При привязном содержании возможно применение укороченных (135-155 см) стоек, в конце которых находится решетка, перекрывающая навозный канал. Место лежания животных покрывают обычно деревянным настилом или матом из пористой резины. Ширина стоек и разделители между ними должны обеспечивать расположение коровы перпендикулярно решетке (кормушке) и исключать дефекацию в стойле. Привязь должна ограничивать подвижность животного в стойле на полшага вперед и назад. Следует учитывать также, что голова коровы в укороченном стойле постоянно находится над кормушкой, поэтому внутренний борт ее должен быть не выше 25 см, чтобы он не мешал голове и шее животного при лежании и вставании, не вытеснял его назад. Чтобы корова не могла лежать на решетке, стойло следует делать на 15-20 см выше решетки. При правильном устройстве стойла почти 90% экскрементов попадают на решетку.

При *беспривязном содержании* животных содержат группами на глубокой подстилке или с устройством индивидуальных боксов (комбибоксов), обеспечивающих сухое ложе животным при минимальном расходе подстилки или без нее.

Поят животных из поилок, которые устанавливают в помещениях и на выгульно-кормовых дворах. Доение коров осуществляют в доильных залах.

На предприятиях по производству молока на 600-800 и более коров, как правило, применяют *поточно-цеховую систему организации производства* молока и воспроизводства стада, предусматривающую деление стада коров в зависимости от физиологического состояния по цехам, в том числе: отела (родильное отделение), раздоя, производства молока, сухостойных коров (животных этого цеха содержат, как правило, беспривязно). Допускается объединение цехов раздоя и производства молока. На фермах меньшей мощности в отдельные группы выделяют глубокостельных и новотельных коров, которых размещают в родильном отделении, а при беспривязном содержании - еще и группу сухостойных коров.

Ремонт стада коров осуществляется нетелями 6-7 месячной стельности. Нетелей выращивают на предприятиях по производству молока и на специализированных фермах и комплексах по выращиванию нетелей. При выращивании нетелей группы ремонтных телок комплектуют с учетом их возраста и развития; разница в живой массе

между животными одной группы не должна превышать 15 %. Для ремонтных телок следует применять, как правило, беспривязное стойлово-пастбищное содержание. В качестве подстилочного материала на молочно-товарных фермах (комплексах) используют солому, древесные опилки, бумажные отходы, песок и т. д.

Мясное скотоводство - это разведение крупного рогатого скота на мясо. При этом коров не доят, телят выращивают на подсосе до отъема в возрасте 6-8 месяцев, а молодняк после нагула и интенсивного откорма реализуют на мясо.

Метод использования коров для получения и выращивания телят на подсосе до отъема называют технологической операцией (системой) - «корова-теленки».

Мясное скотоводство как отрасль обладает характерной особенностью: в нем получают только один вид продукции - скот для убоя на мясо в результате разведения мясных пород и их помесей.

Откормочное животное должно обладать следующими свойствами: - невысокая живая масса при рождении (25-30 кг) с тем, чтобы незатруднять отелы коров;

- высокая энергия роста в подсосный период (привес не менее 800 г в сутки) для достижения к отъему живой массы не менее 250 кг;

- высокие откормочные свойства молодняка при выращивании до тяжелых весовых кондиций (450 кг и более) в возрасте до 24 месяцев без излишнего ожирения;

- желательная туша: масса около 220-250 кг; округлые формы, высокая полнотелость, выход туши - не менее 55%, отсутствие пороков мяса.

Мясное скотоводство включает две фазы: репродукцию (хозяйства - репродукторы) и интенсивный откорм молодняка и выбракованных коров (откормплощадки).

Для мясного скота применяется беспривязный способ содержания на глубокой несменяемой подстилке. Для кормления скота в морозные дни или в непогоду устраивают кормушки внутри зданий.

Содержат мясной скот в помещениях легкого типа рамной или арочной конструкции. Норма полезной площади на корову с теленком - не менее 5 м², на одну голову молодняка старше 1 года - не менее 3 м².

Формировать подстилку начинают с осени до постановки скота на стойловое содержание путем укладки сухой соломы слоем 30-40 см. Добавляют ее в ходе зимовки ежедневно из расчета 1 кг на голову.

Отел должен проходить в специальных помещениях, в которых

из сборных щитов или жердей сооружают клетки размером 3х3 м. После каждого отела клетки дезинфицируют и застилают свежейсоломой. Стельных коров помещают в клетки за 3 дня до отела и содержат в них с теленком 2-3 дня. Затем коров с телятами объединяют в группы по 5-10 голов и через неделю переводят в общее стадо.

Для подкормки и отдыха телят отгораживают секцию с лазом высотой

70-80 см., площадью из расчета 1,5 м² на голову.

Выгульно-кормовые дворы устраивают с южной стороны зданий из расчета на корову с теленком 15-20 м² (без твердого покрытия), боковые стороны дворов огораживают непродуваемой изгородью высотой 3 метра. Кормушки приподнимают над уровнем грунта на 25-30 см. Фронт кормления для коров 0,7-0,8 м, для молодняка 0,4-0,6 м на голову. 1

В летний период мясных коров с телятами и телок содержат на пастбище.

Легкие стоянки устраивают на возвышенных местах, оборудуют навесами, скот обеспечивают водопоем не менее 3-4 раз в сутки. Для пастбы коров с телятами формируют гурты из 2-3 групп (70-80 коров), а телок не более 100 голов в гурте.

Пастбище лучше использовать участками, чтобы не допускать его вытаптывания.

Период пастбищного и стойлового содержания коров и телят зависит от природно –климатических условий региона

1.1.2.Технология содержания овец

В овцеводстве применяются следующие основные системы содержания: круглогодочная стойловая, стойлово-пастбищная, пастбищно-стойловая, пастбищная.

Круглогодочная стойловая система содержания применяется в зонах интенсивногоземледелия с хорошо развитым полевым кормопроизводством при отсутствии пастбищ. При этой системе овец зимой содержат и кормят в помещениях и на выгульно-кормовых площадках, а летом - на выгульно-кормовых площадках.

Стойлово-пастбищная система содержания применяется в районах с хорошо развитымполевым кормопроизводством и отсутствием зимних пастбищ и характеризуется преобладаниемпродолжительности стойлового периода. При этой системе овец содержат зимой в овчарнях свыгульно-кормовыми

площадками, а летом - на пастбищах.

Пастбищно-стойловая система содержания применяется во всех зонах, где имеются зимние пастбища, производится заготовка необходимого количества кормов для кормления маток в период ягнения и подкормки овец в зимний и ранневесенний периоды, и характеризуется преобладанием продолжительности пастбищного периода.

Пастбищная система содержания применяется в районах, где имеется достаточно пастбищ, в том числе зимних. В этих зонах преобладает круглогодичное пастбищное содержание овец с подкормкой их зимой грубыми и концентрированными кормами.

В овцеводстве существуют следующие *направления продуктивности*:

- тонкорунное, полутонкорунное (шерстное, шерстно-мясное и мясо-шерстное);
- полугрубошерстное (шубное, мясо-шерстно-молочное);
- грубошерстное (каракульское и мясо-сальное).

Овец одного пола и возраста объединяют в отары (группы), содержащиеся, как правило, в одном здании.

В стойловый период овец размещают в зданиях по секциям. Животных в секции должно быть не более: баранов-производителей - 25; баранов-пробников - 50; маток холостых, суягных - 200 - 250; маток подсосных - 120 (уточняется в зависимости от технологического цикла); ягнят на искусственном выращивании в возрасте до 45 сут. - 25; старше 45 сут. - 75; молодняка ремонтного - 250; откормочного поголовья - 250.

Ягнение маток проводится зимой, ранней весной или весной, а в шубном овцеводстве - осенью или равномерно в течение года.

В каракульском овцеводстве 45 - 50% ягнят забивают на смушки в возрасте 1 - 2 сут.

Откорм взрослых овец и сверхремонтного молодняка предусматривают в основном на откормочных площадках, а также в освободившихся в пастбищный период помещениях. Кормят и поят овец, как правило, на выгульно-кормовой площадке, а в период ягнения - внутри помещения.

Доение овец каракульской породы предусматривают после убоя ягнят на смушки, а овец других пород - после раннего отъема ягнят.

Стригут овец тонкорунного и полутонкорунного направления один раз в год; взрослопоголовье и ремонтный молодняк - весной, молодняк на откорме - за два месяца до сдачи на мясо. Взрослое

поголовье овец каракульского, мясо-сального и других овец грубошерстнонаправления продуктивности стригут два раза в год - весной и осенью, ремонтный молодняк -осенью в год рождения. Овец шубного направления стригут три раза в год, при этом откормочный молодняк первый раз стригут в возрасте 3,5, а племенной - 4,5 - 5 мес.

1.1.3.Технология содержания свиней

При производстве свинины применяют три различные технологические схемы.

Однофазная технология - заключается в том, что поросята от рождения до сдачи на мясо остаются в одном и том же станке. Однако с организационно-хозяйственной точки зрения эта технология сложна и практически не применяется в крупных товарных хозяйствах, но может быть приемлема для мелких фермерских, крестьянских и подсобных хозяйств.

Двухфазная технология – заключается в том, что после подсосного периода поросята остаются в том же станке и в той же группе до (90...120 дней), после чего переводятся на откорм. Это наиболее приемлемая форма организации производства свинины, особенно в фермерских, крестьянских и приусадебных хозяйствах.

Трехфазная традиционная технология – заключается в том, что после подсосного периода поросят отнимают от свиноматок и переводят в группу дорастивания в специализированные помещения для поросят-отъемышей, где их содержат до 120-дневного возраста, а затем переводят в помещение для откорма.

Современное промышленное производство свинины должно базироваться на поточной технологии, предусматривающей ритмичное формирование однородных по числу и срокам осеменения групп маток и получение одновозрастных групп поросят в течение года.

В зоотехнии предусмотрена следующая классификация возрастных групп свиней с учетом их физиологического состояния и назначения:

а) хряки:

-производители, в возрасте старше 1,5 лет;

-проверяемые - ремонтные хряки от времени первой случки до оценки их по весу потомства (в 2 или 6-месячном возрасте);

-пробники, предназначенные для выявления маток, приходящих в охоту (в 8 или 9 месячном возрасте);

б) свиноматки:

-холостые - неосемененные после отъема поросят;

-супоросные - осемененные свиноматки, подразделяются на 3 группы, свиноматки после осеменения до установления фактической супоросности, свиноматки с установленной супоросностью и тяжело-супоросные за 7-10 дней до опороса;

-подсосные свиноматки - от опороса до отъема поросят.

На свиноводческих предприятиях свиноматок формируют в группы в зависимости от физиологического состояния и содержат в специализированных зданиях или секциях;

в) поросята-сосуны - от рождения до отъема от свиноматки (рекомендуются сроки отъема: для промышленных комплексов - в 26 и 35 дней, для товарных ферм - в 45 дней и для племенных ферм - в 60 дней);

г) поросята-отъемыши - от отъема от свиноматки до перевода на откорм или в группы ремонтных свинок (в 3-4 месячном возрасте);

д) свинка-самка - от рождения до первого опороса;

е) ремонтные свиньи - хрячки и свинки - от перевода в группу ремонтного молодняка до начала производственного использования (от 4 до 9-11 месячного возраста);

ж) свиньи откармливаемые (откормочное поголовье) - молодняк в возрасте от 3-4 до 7-9 месяцев и взрослые свиньи (выбракованные свиноматки и хрячки).

В свиноводстве применяют *выгульное и безвыгульное* содержание животных. Выгульное содержание может быть станково- или свободно-выгульное. Безвыгульное содержание может быть применено в сочетании с лагерным.

Для всего поголовья свиней племенных ферм и племенных репродукторов, кроме порослят-отъемышей, а также для хряков производителей, ремонтного молодняка, свиноматок с установленной супоросностью и холостых (при групповом содержании) на товарных фермах и комплексах промышленного типа предусматривается, как правило, выгульная система содержания. Выгулы при этом размещаются у продольных стен свинарников с делением на секции. Размер секций определяется поголовьем свиней в группе (при групповом содержании) или количеством свиней, обслуживаемых одним работником (при содержании свиней в индивидуальных станках). Для активного движения хряков-производителей, свиноматок 1 половины супоросности и ремонтного молодняка следует применять механические тренажеры.

Все остальное поголовье свиней, как правило, содержится безвыгульно.

В южных районах страны допускается выгульное содержание

свиней на откорме. На комплексах промышленного типа допускается безвыгульное содержание свиней.

В зданиях свиней размещают в секциях, в групповых или индивидуальных станках. Хряки-производители, свиноматки тяжело супоросные и подсосные с поросятами-сосунами содержатся по одной голове в станке. Свиноматки холостые и осеменяемые до установления фактической супоросности содержатся в индивидуальных или групповых станках. Свиноматки с установленной супоросностью, ремонтный молодняк, поросята-отъемыши и свиньи на откорме содержатся в групповых станках.

Кормление всех групп свиней следует предусматривать в станках из кормушек. Подкормку поросят-сосунов производят в станках для свиноматок, где для этой цели отгораживают часть площади станка и оборудуют кормушкой.

Кормят свиней подготовленными сбалансированными по питательности кормами: влажными кормосмесями (влажность 65-70%), сухими гранулированными или рассыпными комбикормами (с увлажнением при раздаче или в кормушках) или комбикормами, предварительно разбавленными водой (при соотношении по весу комбикорма и воды не более 1:3).

Для откормочного поголовья возможно использование пищевых отходов, обработанных в течение 1-2 ч паром под давлением от 0,069 мПа (0,7 кгс/см²) до 0,39 мПа (4 кгс/см²).

Поят свиней из автопоилок (сосковых, чашечных, поплавковых), располагаемых, как правило, над решеткой канала навозоудаления. Животные должны иметь постоянный доступ к воде.

В соответствии со специализацией на ферме должен быть набор следующих помещений: для хряков-производителей; для холостых условно-супоросных и супоросных свиноматок; для свиноматок с поросятами; для группы дорастивания; ремонта и откорма. Отличительной особенностью таких зданий может стать не только их назначение, но и форма: прямоугольные, квадратные, круглые, многоэтажные. Их важной функциональной особенностью является обеспечение животных «оптимальным» режимом содержания: температура; влажность; освещение; содержание вредных веществ; система навозоудаления, поения и кормления. Определяющим фактором решения конструктивных и планировочных задач при строительстве помещений для содержания свиней является их соответствие биологическим потребностям животных.

1.1.4. Технология содержания лошадей

Развитие коневодства происходит по четырем направлениям:

- рабочепользовательное – использование лошадей для внутрихозяйственных перевозок, обслуживания животноводческих ферм, пастбищ, обработки приусадебных участков.

- продуктивное – производство товарного конского мяса, кумыса и сырья для биологической промышленности (получение дешевого мяса при круглогодичном табунном пастбищном содержании в целях реализации его на экспорт и использование для изготовления копченых высокосортных колбас; производство кумыса для лечебных целей на специальных курортах; использование сыворотки крови лошадей – доноров для изготовления лечебных препаратов, в биологической промышленности).

- спортивное коневодство – выращивание и подготовка лошадей для классических видов конного спорта, конноспортивных игр и соревнований, конного туризма и проката.

- коннозаводство – совершенствование существующих и выведение новых пород лошадей.

Нормами технологического проектирования предусматриваются следующие половозрастные группы лошадей: жеребцы-производители и жеребцы-пробники в возрасте трех лет и старше; кобылы в возрасте от трёх лет и старше; жеребята в возрасте от рождения до отъема (в возрасте 6 - 12 мес.); молодняк (кобылки и жеребчики) в возрасте от отъема до 1,5 лет; молодняк в возрасте от 1,5 до 3 лет (в том числе молодняк в тренинге); мерины. В коневодстве применяют две системы содержания - *конюшенную* и *табунную*, которые определяют в зависимости от породы лошадей, их производственного назначения и местных условий.

Конюшенная система содержания применяется в основном на племенных, товарных (кумысных) и рабочих предприятиях во всех районах страны.

При этой системе лошадей содержат индивидуально или группами в конюшнях: жеребцов-производителей и весь молодняк в тренинге - в денниках; племенных и рабочих кобыл с жеребятами, молодняк верховых, рысистых и тяжеловозных пород - в денниках или секциях; рабочих лошадей - в стойлах на привязи. При конюшнях обязательно устройство площадок для прогулок лошадей. В летнее время лошадей содержат на пастбищах с постройками летнего типа.

Табунная система содержания применяется на товарных предприятиях. При этой системе лошадей круглый год содержат на паст-

бищах в табунах. В этом случае предусматриваются упрощенные конюшни для содержания 15-20 % поголовья предприятия. Для укрытия остального поголовья в непогоду на пастбищах устраивают баз-навесы. Отъем жеребят от кобыл производится в 8-9-месячном возрасте. Зимой, в наиболее холодный период, всех лошадей содержат в упрощенных конюшнях или баз-навесах и кормят в помещениях. Лошадей, обслуживающих предприятия с табунной системой, содержат вместе с основным поголовьем этих предприятий.

Для кормления и поения лошадей помещения для их содержания (денники, стойла, секции) оборудуются кормушками и поилками (места поения).

Подвоз кормов и подстилки осуществляется конной повозкой на расстояние до 1000 м или мобильным транспортом.

Раздача кормов и подстилки вручную или с использованием средств малой механизации (ручная тележка). Ежедневная смена подстилки предусматривается при денниковом, станочном и привязном содержании лошадей.

Поение лошадей предусматривается из ведер, автопоилок или групповых водопойных корыт и естественных водоисточников.

Доение кобыл на кумысных фермах начинают с 25-30 дней после выжеребки в зависимости от состояния жеребенка. Доение может быть ручным или машинным. Доение производится в доильном зале или на площадке.

Для машинного доения применяется двухрежимный доильный аппарат ДД-2, обеспечивающий автоматическую настройку режима работы в соответствии с процессом молокоотдачи у кобыл.

При всех системах содержания лошадей выжеребка и случка сезонная (февраль - июль), исключением является конюшенная система содержания на товарных (кумысных) предприятиях, где выжеребка может быть круглогодочная.

Коневодческие предприятия по своему назначению подразделяются на *племенные, товарные и рабочие (конные дворы)*.

Племенные предприятия предназначаются для воспроизводства и выращивания племенного молодняка верховых, тяжеловозных и продуктивных пород с целью совершенствования существующих и выведения новых пород лошадей.

Товарные предприятия предназначаются для производства кумыса и мяса (конины).

Конные дворы служат для содержания рабочих лошадей.

1.1.5. Технология содержания птицы

Каждый вид птицы делится на две основные категории: взрослая птица и молодняк.

Взрослая птица в зависимости от производственного назначения подразделяется на птицу *племенного стада* - исходные линии, прародительского и родительского стада (куры, индейки, утки, гуси, цесарки и перепела) и *промышленного стада* (куры, перепела, цесарки).

По производственному назначению молодняк птицы подразделяется на ремонтный молодняк и выращиваемый на мясо. Ремонтный подразделяется на молодняк, выращиваемый для замены племенного стада, и молодняк, выращиваемый для замены промышленного стада.

В птицеводстве применяются две основные системы содержания: *напольная* (на подстилке, сетчатых полах (сетке), комбинированных полах - подстилка в сочетании с сеткой или планчатыми полами) и *клеточная* (в клетках).

Принятая система выращивания птицы предопределяет выбор соответствующих средств механизации и оборудования: систем вентиляции, кормления и поения, удаления и выгрузки помета, механизмов яйцесбора. Все эти существенные различия в конечном итоге влияют на капиталовложения при строительстве или реконструкции помещений для содержания птицы.

Технология производства пищевых яиц на птицефабриках представляет собой научно обоснованную систему последовательных производственных процессов и операций, обеспечивающих ритмичное и бесперебойное производство продукции при минимальных затратах кормов, трудовых и энергетических ресурсов и материальных средств. При производстве пищевых яиц используют гибридную птицу высокопродуктивных яичных или яично-мясных кроссов.

Современная технология производства осуществляется с соблюдением следующих принципов:

- использование высокопродуктивных кроссов;
- содержание птицы в клеточных батареях с механизированными и автоматизированными производственными процессами;
- кормление полнорационными сухими комбикормами;
- обеспечение микроклимата и дифференцированного светового режима;
- эффективное и своевременное ветеринарно-профилактическое обеспечение;
- круглогодичное производство продукции.

На крупных яичных птицефабриках с полным (завершенным)

циклом производства мощность определяется среднегодовым поголовьем несушек промышленного стада и годовым производством яиц. Остальные цеха обеспечивают круглогодичную работу промышленного цеха и бесперебойное поступление яйца на рынок. Для равномерного круглогодичного производства яйца (пищевого или инкубационного) и рационального использования помещений применяют многократное комплектование стада.

На рисунке 1.1 представлена схема технологического процесса при завершённом цикле производства.

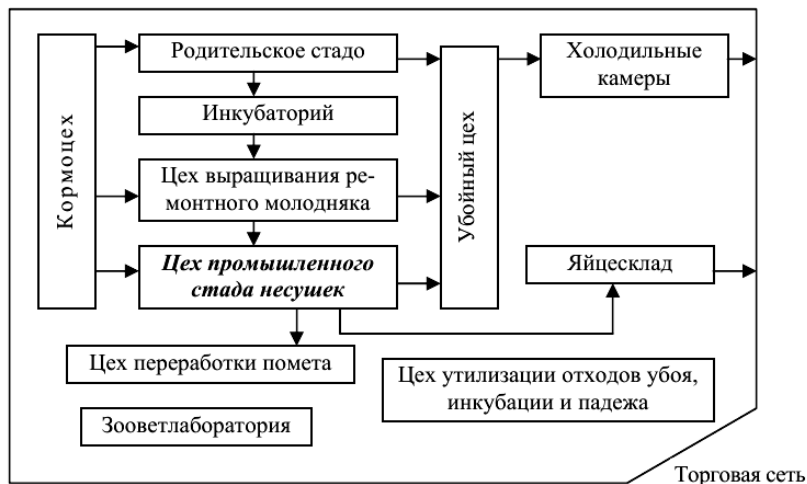


Рис. 1.1. Взаимосвязь цехов при производстве пищевых яиц по замкнутому циклу

В случае углубленной специализации хозяйства птицефабрики работают по незамкнутому циклу производства (рис. 1.2). При завершённом (замкнутом) цикле производства пищевых яиц в цех родительского стада петухи и куры поступают в возрасте 120-140 дней, куры начинают нестись в 150 дней и несутся до конца эксплуатации (10-12 месяцев). Полученное инкубационное яйцо поступает в цех инкубации. Товарное яйцо идет в цех сортировки и упаковки яиц. При незавершённом цикле производства пищевого яйца отсутствуют цеха родительского стада и ремонтного молодняка для замены родительского стада.

Основным показателем, характеризующим финансово-хозяйственную деятельность яичной птицефабрики, является производство яиц. Повысить яйценоскость можно строгой отбраковкой не-

сушек, однако это приведет к общему снижению производства яйца. Поэтому на практике необходимо, в соответствии с рекомендациями по работе с кроссом, найти оптимальное соотношение между выбраковкой птицы и средней яйценоскостью.

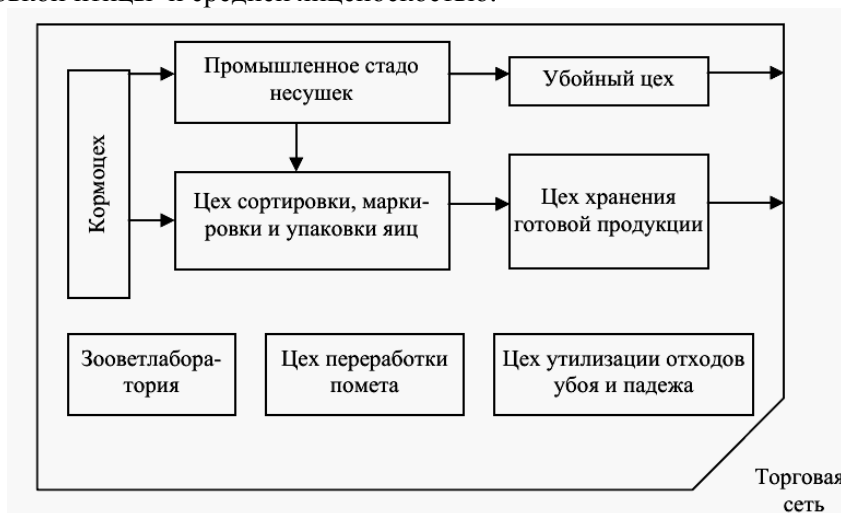


Рис 1.2. Схема взаимосвязи цехов при незамкнутом цикле производства пищевых яиц

1.2. Структура поголовья животных на ферме (комплексе)

Число животных в различных половозрастных группах рассчитывается на основе норм технологического проектирования (НТП). Эти данные собраны в таблицах 1.1-1.5, где приведено процентное соотношение числа животных в группе от общего их количества на ферме.

Табл. 1.1. Структура стада на молочных фермах КРС, (в %)

Группа животных	Направление		
	Молочное	Молочно - мясное	Мясо - молочное
Коровы	60-66	50	38-40
Нетели	2-3	4-3	2
Телки старше 1 года	6	7-4	3
Телки до 1 года	21-28	36-41	32-34
Бычки до 1 года	1	2-1	20-24

Продолжение табл. 1.1

Быки - производители	1	1	1
Всего:	100	100	100

Табл. 1.2. Структура стада в откормочных комплексах КРС, (в %)

Группа животных	Средняя масса животных, кг	% от общего поголовья
Первый период откорма		
с 1-до 3-4 мес.	100-110	20-21
с 3-4 до 6 мес.	160-180	18-19
Второй период откорма		
с 6 до 9 мес.	220-250	17-18
с 8 до 12 мес.	190-300	16-17
Третий период откорма		
с 12 до 15 мес.	325-375	13-14
с 15 до 18 мес.	400-450	14-15
Всего:		100

Табл. 1.3. Структура стада на свинофермах и комплексах, (в %)

Группа животных	Средняя масса животных, кг	Тип фермы		
		С законченным циклом производства	Племенные	Репродукторы
Хряки производственные	250	1,5-1	1,5	0,1
Матки холостые	160	0,5-0,9	0,8	1,0
Матки 1 половины супоросности	180	5-4,5	6,0	8
Матки 2 половины супоросности	220	2-3,5	4,5	6
Матки подсосные	200	2	3	5
Поросята - сосуны до 2 мес.	20	17-21	20	40
Поросята - отъемыши	40	15-19	18	35
Ремонт молодняк	115	1,8-2,0	4	4

Продолжение табл. 1.3

Свинья на откорме	110	53-46		
Откорм выбраков. свиней	140	1,2-1,0	1,2	0,9
Всего:		100	100	100

Табл. 1.4. Структура стада на овцефермах, (в %)

Группа животных	Направление		
	тонкорунные	полутонкорунные	грубошерстные
Матки	55-70	55-70	75-82
Ярки: от 1 года	9-13	8-12	10-11
до 1 года	9-13	9-13	10-14
Бараны - производители	2	2	2
Валухи взрослые	13-0	13-0	-
Баранчики и валушки от 1 года	6-1	6-1	1
до 1 года	6-1	7-2	2-20
Всего	100	100	100

Табл. 1.5. Структура стада на птицефабриках, (в %)

Половозрастные группы птицы по возрастам	Направление отрасли	
	Яичное	Бройлерное
от 1 до 30 дней	30	21
от 31 до 60 дней	24	
от 31 до 45 дней		37
от 46 до 61 дней		30
от 61-70 дней		12
от 61 до 150 дней	19	
от 151 до 180 дней	14	
от 180 до 515 дней	13	
Всего	100	100

На основе приведенных данных и последующего расчета поголовья в различных половозрастных группах выбираются основные постройки животноводческой фермы или комплекса.

После расчета количества скотомест определяют *площадь территории фермы*

$$S = M \cdot s, \text{ м}^2, \quad (1.1)$$

где M - количество голов на ферме, гол.

s - удельная площадь, приходящаяся на одну голову (данные приведены в НТП).

Плотность застройки площади фермы определяется в процентах, как отношение площади застройки к общей площади территории фермы

$$K_s = \frac{S_s}{S}, \quad (1.2)$$

где S_s - площадь, занятая под постройками на ферме, м^2 .

Полученный коэффициент не должен быть меньше табличных значений (приведены в НТП).

Для хранения подстилочного навоза применяют площади с твердым покрытием, оборудованные жижеборниками.

Площадь хранилища для твердого навоза определяется по формуле

$$S_{x.n.} = \frac{Q_{сут} \cdot T}{h \cdot \rho}, \quad (1.3)$$

где $Q_{сут}$ - суточный выход навоза, т;

T - продолжительность хранения, дней ($T = 150 \dots 180$);

h - высота укладки навоза, м. (обычно 1,5-2,5 м);

ρ - объемная масса навоза, т/м^3 .

Общая вместимость хранилища (м^3) для хранения годовых запасов корма

$$V = P_e / \rho, \quad (1.4)$$

где P_e - годовая потребность в кормах, кг;

ρ - насыпная плотность корма, кг/м^3 .

Потребное число хранилищ

$$N = V / (Vx\varepsilon) \quad (1.5)$$

где Vx - вместимость хранилища, м^3 (табл.1.6);

ε - коэффициент использования вместимости хранилища.

Выбрав хранилище, его ширину и высоту (табл.1.7), подсчитывают длину (м)

$$L = Vx / (Bh), \quad (1.6)$$

где B - ширина хранилища, м;

h - высота хранилища, м.

Табл. 1.6.Примерная вместимость и коэффициент использования вместимости хранилища

Вид хранилища	$V_x, \text{м}^3$	ε
Траншея для хранения силоса и сенажа	500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000	0,95...0,98
Башня	420, 600, 900, 1200, 1600, 2000, 2700, 3700, 4200	0,95...0,98
Хранилище (скирда)	1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000	1,0
Траншея или бурт для корнеплодов	150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	0,85...0,90
Склад концентрированных кормов	500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 6000	0,65...0,75

Табл. 1.7. Рекомендуемые размеры хранилищ

Хранилище	Ширина, м	Высота, м
Силоса	12...18	2...3
Сенажа	6, 9, 13, 16	2,5...3
Сена	5...6	2...4
Соломы	5...6	4

1.3. Разработка генерального плана фермы

1.3.1. Общие требования к генеральным планам животноводческих ферм

Генеральным планом или проектом планировки называется графически оформленный план территории животноводческой фермы (комплекса), на котором нанесены все здания, сооружения и коммуникации (как существующих, так и проектируемых), размещенные в полном соответствии с планом перспективного развития всего хозяйства и данной фермы в частности.

Генплан является исходным техническим документом, определяющим взаимосвязь всего комплекса сооружений и коммуникаций, совместное использование которых должно обеспечить нормальную производственную деятельность фермы (комплекса) как целостной хозяйственной единицы.

Разработка генплана осуществляется с учетом

производственных, экономических, зооветеринарных, строительных, противопожарных и местных природных условий.

Генеральный план животноводческих ферм (комплексов) выполняется в масштабе 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, а для птицефабрик можно использовать масштаб генплана 1:2000, с нанесением рельефа местности и указанием розы ветров. Конфигурация территории фермы (комплекса, птицефабрики) должна приближаться к форме квадрата, что дает возможность компактно разместить основные и вспомогательные здания, а также значительно снизить транспортные расходы на ферме (комплексе).

Животноводческие фермы и комплексы определяются как предприятия закрытого типа. Под *животноводческим предприятием* понимается совокупность объектов основного производственного и вспомогательного назначения, расположенных на одной или нескольких территориях, и объединенных единым технологическим процессом производства продукции. Животноводческие комплексы характеризуются узкой специализацией, большими объемами производства, углубленным разделением труда, круглогодичным ритмичным производством продукции, применением комплексной механизации и автоматизации производства. При этом важнейшими условиями производства животноводческой продукции являются стабильность кормовой базы, высокий уровень племенной работы, четкая система ветеринарных мероприятий.

Животноводческие комплексы и фермы классифицируются по следующим основным признакам:

- по направлению продукции животноводства;
- по специализации и производственной структуре;
- по источникам поступления кормов;
- по форме собственности.

По *направлению продукции* животноводства основными являются:

- производство молока;
- производство говядины;
- производство свинины.

По *специализации и производственной структуре* выделяют предприятия с законченным производственным циклом, специализирующиеся на производстве одного-двух видов продукции, или на определенном этапе производства продукции (репродукции, доращивании, откорме животных), осуществляющие только часть технологического процесса.

По *источникам поступления кормов* различают следующие типы предприятий:

- на кормовой базе группы хозяйств;
- на кормовой базе собственного производства.

По *форме собственности* комплексы и фермы подразделяются на государственные, акционерные, частные.

Основные принципы проектирования генерального плана животноводческого предприятия:

- создание условий для производства продукции при минимальных затратах труда, средств, материалов и сырья;
- создание благоприятных условий для труда; - комплексность учета экономических, технологических, инженерно-технических, санитарно-гигиенических и художественно-эстетических требований, учет природно-климатических, инженерно-геологических и топографических условий;
- проектирование комплекса или фермы на основе перспективных планов развития хозяйства и его отраслей;
- внедрение передовых технологий, нового технологического и инженерного оборудования и механизмов.

Генеральные планы животноводческих комплексов и ферм должны удовлетворять производственно-технологическим, санитарно-гигиеническим, ветеринарно-санитарным, архитектурно-художественным и инженерно-техническим и экономическим требованиям, установленным соответствующими нормативными и рекомендательными документами.

Производственно-технологические требования к генеральному плану заключаются в обеспечении поточности производства, создании условий для выполнения производственных процессов, исключении встречных и пересекающихся направлений основных технологических потоков, соблюдении норм технологического проектирования.

К основным экономическим требованиям относятся: учет перспективного развития предприятия, рациональное использование земельных угодий, сокращение затрат на строительство, механизацию производственных процессов, инженерное оборудование и благоустройство, сокращение эксплуатационных расходов.

При разработке генерального плана следует стремиться к максимальному сокращению территории комплекса (фермы) и не допускать необоснованных резервов ее и излишеств в архитектурно-планировочных решениях - площади застройки, площади озеленения, ширине и количестве проездов, в величине разрывов между зданиями

и сооружениями, протяженности инженерных коммуникаций. В целях рационального использования земельных угодий следует стремиться проектировать участок комплекса или фермы такой конфигурации, которая способствует эффективному использованию, как самого участка, так и прилегающих к нему сельскохозяйственных угодий, не допуская образования изломанности границ примыкающих полей.

Инженерно-технические требования к генеральному плану заключаются в выполнении противопожарных норм и правил, учете свойств и качеств грунтов как оснований для зданий и сооружений, рациональном размещении комплекса (фермы) в целом и отдельных зданий и сооружений в отношении рельефа участка, учете применяемых средств механизации и транспорта.

Санитарно-гигиенические и ветеринарно-санитарные требования направлены на создание благоприятных условий для работы персонала, на устранение взаимного воздействия различных объектов, создание оптимальных условий для содержания животных, на исключение распространения инфекционных и инвазионных заболеваний.

Высокая концентрация поголовья животных на сравнительно небольшой территории, усиление функциональных связей с другими хозяйствами увеличивают опасность заноса инфекции и распространения ее на все поголовье.

В связи с этим повышаются требования к соблюдению ветеринарно-санитарных требований содержания, полноценному кормлению, защите поголовья от инфекционных и инвазионных заболеваний, а также выполнения требований к животноводческим предприятиям, как к предприятиям закрытого типа.

К проектированию генпланов предприятий по производству молока, говядины и свинины предъявляются дополнительные требования:

- ограждение всей территории предприятия;
- пропуск обслуживающего персонала и посетителей через ветеринарно-санитарный пропускник, размещаемый на линии ограждения (главный вход);
- проезд транспортных средств через дезинфекционный блок (дезблок), размещаемый на линии ограждения или отапливаемый дезбарьер;
- проезд в зоны хранения кормов и общехозяйственных ветеринарных объектов через въездные дезинфекционные барьеры (дезбарьеры);
- между зданиями и сооружениями должны быть разрывы, рег-

ламентируемые нормами технологического проектирования соответствующих объектов;

- ориентация зданий и взаимное их расположение на участке определяется соответствующими нормами технологического проектирования;

- расстояния между зданиями должны отвечать противопожарным требованиям с целью свободного к ним подъезда пожарных машин;

- территории комплексов и ферм должны быть озеленены и иметь твердое покрытие участков, регламентируемых строительными и технологическими нормами проектирования.

Территория предприятия должна иметь четкое зонирование на:

а) производственную зону (зону, где содержатся животные, ветеринарные и ветеринарно-санитарные объекты);

б) зону хранения и приготовления кормов;

в) зону хранения и переработки навоза;

г) административно-хозяйственную зону;

1.3.2.Выбор территории строительства

При выборе нового земельного участка для строительства животноводческой фермы (комплекса) необходимо учитывать наличие дорог, пастбищ, водоемов, близость населенных пунктов и другие факторы. Уровень грунтовых вод на участке в период наивысшего подъема должен находиться на расстоянии не менее 1 м от пола наиболее заглубленного в грунт помещения. Участок должен быть ровным или с уклоном в пределах до 10° , располагаться ниже по рельефу местности населенного пункта, а также с подветренной стороны по отношению к жилому сектору (учитываются господствующие ветры). От жилого массива ферма должна располагаться на расстоянии не менее 200 м для ферм крупного рогатого скота и свиноводческих, 150 м - для овцеводческих, 500 м - для птицеводческих.

Здания для содержания животных располагают в меридиональном направлении в северных и центральных частях РФ, а в южных зонах - в широтном. Допускается отклонение длинной оси здания на угол до 30° в обе стороны от основного направления. По отношению к господствующим ветрам здание располагают торцом или одним из углов здания. Расстояния между постройками должны обеспечивать проветривание территории фермы (комплекса) при естественном движении потоков воздуха, а также необходимо

учитывать допустимые санитарно-ветеринарные и противопожарные разрывы между зданиями. Склады топлива, ТСМ, минеральных удобрений и другие объекты, опасные в санитарном и пожарном отношении, устраивают на расстоянии не ближе 300 м от фермы (комплекса) с подветренной стороны и ниже по рельефу местности.

Размер площади земельного участка, занимаемого фермой (комплексом), определяется нормативами, изложенными в НТП.

Выбор территории для строительства животноводческих объектов необходимо осуществлять с учетом санитарной охраны воздушного бассейна населенного пункта, источников водоснабжения, водоемов и почвы. Одним из важнейших санитарно-гигиенических вопросов, решаемых при выборе территории, является размещение сооружений для переработки и использования навоза, получаемого на комплексах и фермах, определение мест сброса поверхностного стока. Место расположения очистных сооружений и санитарные разрывы между ними и жилой зоной поселков согласовываются в каждом отдельном случае с органами Роспотребнадзора.

Для обеспечения санитарных требований на территории животноводческого объекта предусматривается немедленное удаление и транспортирование жидкой фракции навоза к местам его хранения и переработки. В случае, когда жидкая фракция, получаемая при переработке навоза, не может быть использована для полива полей, дальнейшее обезвреживание стоков производится на очистных сооружениях вместе с бытовыми стоками поселка в соответствии с требованиями.

1.4.Примеры генеральных планов

Генеральные планы некоторых ферм и комплексов представлены на рисунках 1.3 - 1.6.

Молочно-товарный комплекс на 1800 коров (рис. 1.3) предназначен для равномерного круглогодичного производства молока. В состав комплекса входят: три коровника беспривязного содержания на 600 дойных коров, родильная, доильно-молочный блок, два здания молодняка, телятник, а также ветеринарно-профилактический пункт со стационаром, санпропускник, дезбарьеры, убойная площадка, выгульные дворы, силосные траншеи, КПП с автовесами, склад комбикормов, хранилище сена, площадки для временного хранения подстилки, лагуны для хранения навоза.

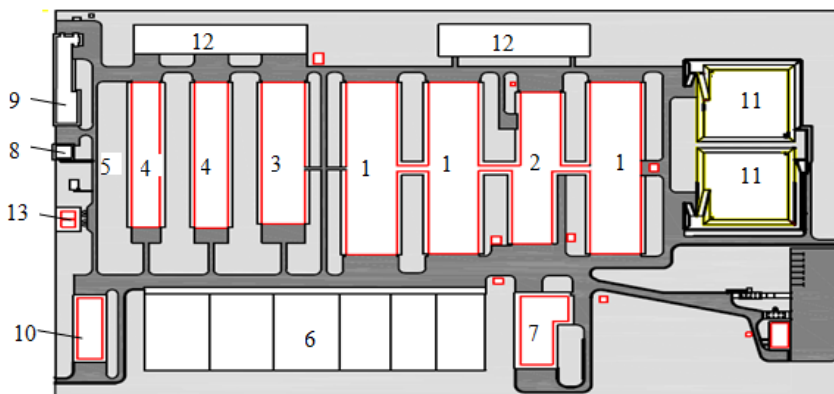


Рис. 1.3. Генеральный план комплекса на 1800 коров беспривязного содержания с выращиванием ремонтного молодняка:

1 - модуль коровника на 600 голов; 2 - доильно-молочный блок; 3 - родильное отделение; 4 - здание для молодняка; 5 - выгульный двор; 6 - склады кормов; 7 - комбикормовый цех; 8 - санпропускник; 9 - ветеринарно-профилактический пункт со стационаром; 10- КПП с автовесами; 11 - лагуна для хранения навоза; 12 - убойная площадка; 13 – дезбарьер.

Другой план расположения объектов на современном молочном комплексе показан на рис. 1.4. На территории в несколько гектаров компактно расположены основные и вспомогательные объекты комплекса. Такое расположение является оправданным с точки зрения логистики, минимизирует затраты на перевозку кормов, навоза, перемещение скота и т. д.

Большие молочные комплексы (мегафермы) представляют собой комбинацию из модулей. Характеристика модулей представлена в таблице 1.8.

Табл.1.8. Характеристика стандартных модулей

Модуль	Количество голов	Размеры		Расстояние между секциями, м
		Длина, м	Ширина, м	
М - 200	204	72	21	1,15
М - 400	400	96	32	1,2
М - 500	500	120	34	1,15
М - 600	600	132	36	1,15

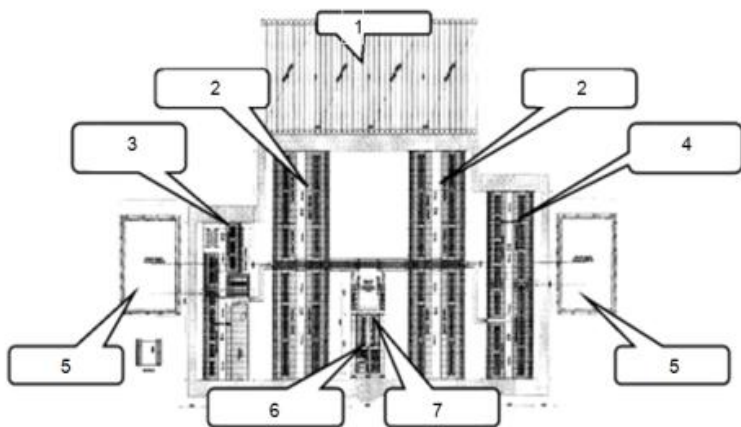


Рис. 1.4. План расположения основных построек комплекса на 1000 дойных коров: 1 - склад кормов; 2 - коровник; 3 - телятник и родильное отделение; 4 - помещение для молодняка; 5 - лагуна; 6 - комбикормовый цех; 7 - доильное отделение

Генеральный план малой (семейной) фермы на 30-48 коров для равномерного круглогодичного производства молока представлен на рис. 1.5.

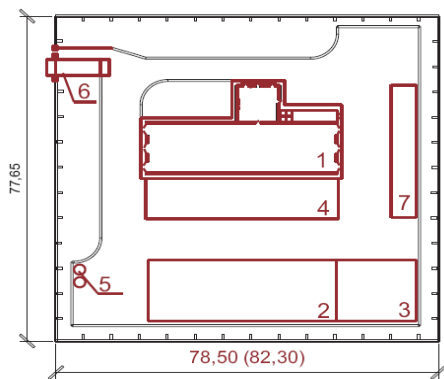


Рис. 1.5. План семейной фермы по производству молока на 30-48 голов:

1 - коровник на 30-48 скотомест; 2- площадка складирования грубых кормов; 3 - площадка для складирования подстилки; 4 - выгульная площадка; 5- склад для хранения комбикормов; 6 - дезбарьер; 7 - площадка для временного хранения навоза

Несмотря на малый размер, ферма содержит необходимые основные и вспомогательные постройки: 1 - коровник на 30-48 ското-мест; 2- площадка складирования грубых кормов; 3- площадка для складирования подстилки; 4 - выгульная площадка; 5- склад для хранения комбикормов; 6 - дезбарьер; 7 - площадка для временного хранения навоза

Отличительной особенностью свиноводческой фермы, генеральный план которой показан на рис. 1.6, является наличие ветеринарного пункта с убойной площадкой.



Рис. 1.6. Генеральный план свиноводческого комплекса на 12000 голов:

1 - свинарник для содержания 198 холостых и 330 супоросных маток, 8 хряков и 360 ремонтных поросят; 2 - свинарник для опоросов 120 свиноматок и выращивания поросят - отъемышей на 2100 голов; 3 – свинарник-откормочник на 2919 голов; 4 - санпропускник; 5 - ветеринарный пункт с убойной площадкой; 6 - комбикормовый цех; 7 - навозохранилище; 8 - КПП с весовой

Другие генеральные планы животноводческих ферм и комплексов представлены на сайте [<http://www.appri.ru>].

1.5. Постройки для содержания животных и птицы

Конструкция любого здания или сооружения зависит от его назначения.

На рисунках 1.7 и 1.9 представлены планы *коровников*. Другие планы животноводческих помещений можно найти на указанном выше сайте.

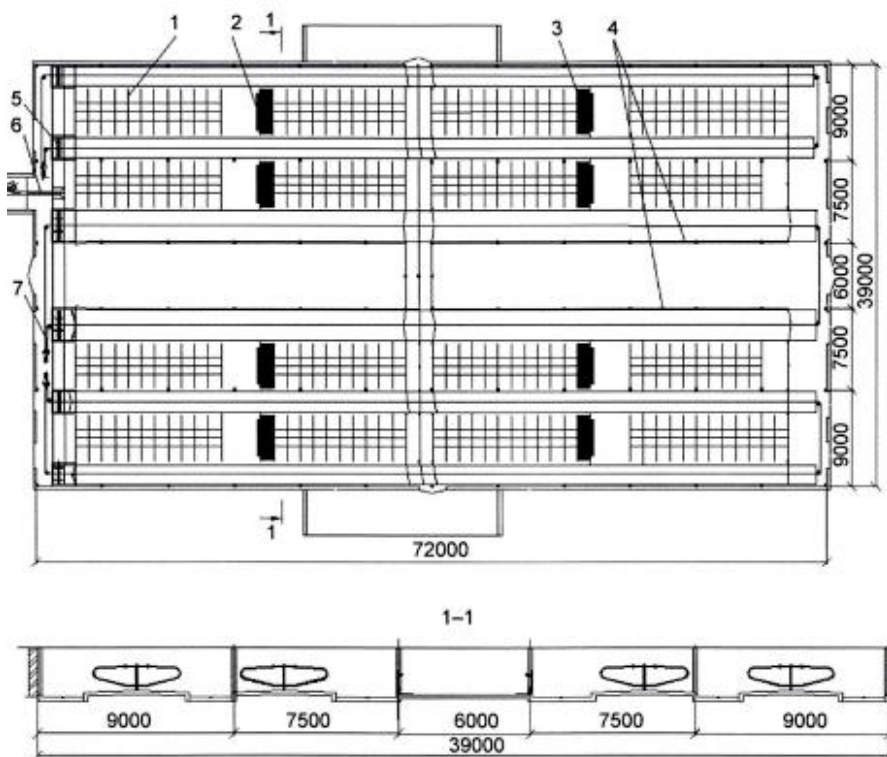


Рис. 1.7. Восемьрядный коровник в здании шириной 39 м:

1 - ограждение боксовое; 2 - автопоилка групповая; 3 - автоматическая кормовая станция; 4 - ограждение кормового стола; 5 - конвейер шнековый поперечный; 6 - загрузчик шнековый; 7 - установка скреперная

Последним достижением прогресса в молочном животноводстве, как уже указывалось, является технология беспривязного стойлового круглогодичного содержания коров с доением в промышленных доильных залах. Примерная планировка коровника показана на рис. 1.7. В центре здания размещается кормовой стол шириной до 6 м (рис. 1.8). Фронт кормления составляет 0,65–0,75 м на одну голову, что требует постоянного наличия корма на кормовом столе. Соотношение «скотоместо — кормушка» составляет обычно 2:1. Уборка навоза производится скреперными установками, а выгрузка навоза — комплектом шнековых конвейеров.

Кормление животных осуществляется с кормового стола (см.

рис. 1.8) полнорационными кормосмесями, приготовленными с помощью раздатчика-смесителя.



Рис. 1.8. Вид кормового стола

Животные располагаются в индивидуальных боксах, т. е. реализован беспривязно-боксовый способ содержания животных (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Расположение животных в боксах

Такой способ позволяет создать для животных более комфортные условия содержания, улучшить качество молока, снизить себестоимость молока и затраты труда. По оценке специалистов, при беспривязном содержании производительность возрастает до 7 раз. Число работающих уменьшается в 3–5 раз.

При дефиците кормов сильные агрессивные животные оттесня-

ют от кормушек более спокойных и, как правило, более удойных коров. В результате продуктивность последних падает.

При переходе на новую технологию часто сталкиваются с низким профессиональным уровнем персонала, его неподготовленностью к новым компьютеризированным условиям работы.

В управлении современной молочной фермой с беспривязным содержанием и доильным залом существенно повышается роль менеджера (управляющего, бригадира или заведующего) в обеспечении технологического регламента и эффективности производства. Так, от менеджера на 100% зависит формирование технологических групп коров. Ошибки влекут за собой неправильное кормление, ухудшение воспроизводства и т. д. Согласно данным американских специалистов, разница в надоях между фермами в зависимости от менеджмента при прочих равных условиях (порода, технология, корма и т. д.) достигает 50%. Сегодня на фермах нужны хорошо подготовленные высокообразованные специалисты, организаторы производства.

Высокого качества молока при беспривязном содержании добиться легче, так как смонтированные в отдельном зале молокопроводы существенно короче, их легче поддерживать в хорошем санитарном состоянии, во время доения молоко не смешивается с загрязненным воздухом коровника.

Ошибкой начинающих осваивать «беспривязь» является то, что животным дают такое же количество кормов, как и на привязи. При переводе на беспривязное содержание рацион должен быть увеличен на 10–15%, а в боксах удвоена норма подстилки.

Планировочные решения малого коровника представлены на рис.1.10.

Содержание животных предусмотрено привязное в неотапливаемом помещении.

Навозоудаление предусмотрено мини тракторами с передней бульдозерной навеской непосредственно на площадку складирования навоза.

Система кормления животных - дифференцированная на основе грубых и сочных кормов, минеральных добавок, комбикормов. Приготовление и раздача кормов осуществляется при помощи мобильного раздатчика-смесителя. Для доения применен молокопровод, поения-поилки с электрообогревом. Вентиляция представлена приточно-вытяжной системой с естественным побуждением воздуха за счет приточных вентиляционных проемов в верхней части стен по периметру здания и вытяжных щелей в фанаре здания.

Освещение является комбинированным - искусственное и естественное через окна в стенах и фонарь в покрытии здания.

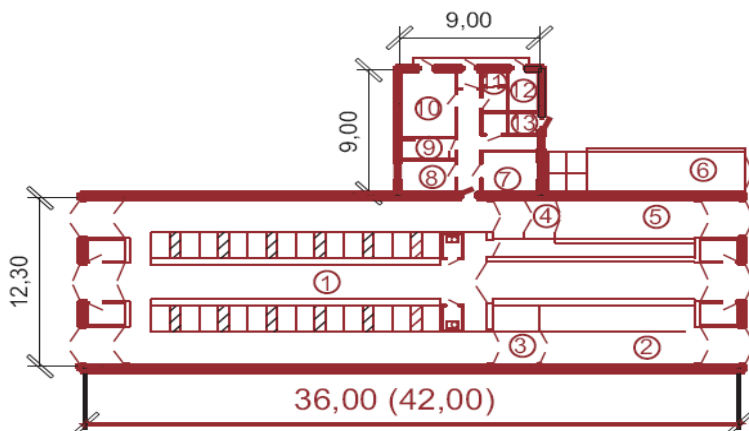


Рис 1.10. Технологическая планировка коровника на 30-48 голов:

1 - секция для дойных коров; 2 - секция для сухостойных, глубо-
костельных коров и нетелей; 3 - денники для отела; 4- индивиду-
альные клетки для телят до 14 дневного возраста; 5 - секция для телят от
14 дн. до 3 - х месяцев; 6 - площадка для содержания телят в летнее
время; 7 - кормоприготовительная; 8 - вакуум - насосная; 9 - кладовая
уборочного инвентаря; 10 - молочная моечная; 11 - гардеробная; 12 -
котельная; 13 – электрощитовая

Здания и сооружения свиноводческих ферм - это свинарники, маточники, свинарники-откормочники, помещения для поросят - отъемышей, хрячники. Специфичным зданием на свиноферме может быть помещение столовой при соответствующей технологии содержания животных, манежи для моциона свиноматок.

Постройки для содержания овец включают в себя овчарни с тепляками и базы-навесы. В овчарнях содержат животных одного пола и возраста, поэтому можно выделить овчарни для маток, валухов, баранов-производителей, молодняка и нагульных овец. К специфичным сооружениям овцефермы относятся стригальные пункты, ванны купания и дезинфекции, отделения забоя овец и др.

Постройки для содержания птицы подразделяются на птичники, курятники, индюшатники, гусятники и утятники. По назначению различают птичники для взрослой птицы, молодняка, выращивания цыплят на мясо (бройлеров). К специфическим зданиям птицеферм

относятся инкубатории, брудергаузы, акклиматизаторы.

Независимо от природно-климатических условий данной местности и материалов., из которых возводятся здания для содержания животных и птиц, к помещениям *предъявляются следующие требования:*

- зимой в них должно быть сухо и тепло в соответствии с нормативами микроклимата животноводческих помещений;

- искусственное и естественное освещение должно отвечать требуемым нормам:

- внутренняя планировка должна учитывать удобство размещения животных и технических средств механизации, а также нормальные условия для обслуживающего персонала, возможность быстрой эвакуации животных;

- санитарно - технические устройства должны обеспечивать необходимый микроклимат;

- полы должны быть водонепроницаемыми, теплыми, нескользкими, прочными, износостойкими и легко поддаваться очистке;

- стены зданий должны отличаться малой теплопроводностью, воздухопроницаемостью и влагостойкостью;

- кровли зданий должны быть устойчивыми против атмосферных и других факторов, иметь малую теплопроводность.

2. Механизация кормопроизводства

2.1. Виды кормов

Кормами называются продукты растительного и животного происхождения, которые применяются для питания сельскохозяйственных животных. Они должны содержать в себе питательные вещества в усвояемой животными форме и не должны оказывать вредного воздействия на их здоровье при скармливании.

Из большого количества продуктов, применяемых для кормления животных, основную массу составляют корма растительного происхождения. Они подразделяются на следующие группы: зелёный корм, грубый корм (сено и солома), сенаж, силос, корне- и клубнеплоды, зёрна и семена, остатки технических производств (мукомольной, свеклосахарной, маслоэкстракционной, крахмальной, пивной, рыбной, консервной, винодельческой, кондитерской промышленности).

Основу рациона животных составляют корма, заготавливаемые из трав и силосуемых культур (кукурузы, подсолнечника и др.): зелёный корм, сено, сенаж, силос. Их доля в общем объёме кормов составляет не менее 60%. Сенаж, силос, сено являются основными видами

кормов в зимних рационах скота.

Зелёный корм – свежескошенные растения, используемые для ежедневного скармливания животным в летнее время. Он не подлежит длительному хранению. По своему составу зелёный корм отличается большим содержанием воды – от 60% до 80%, в зависимости от возраста растений. Сухое вещество в нём богато протеином. По содержанию перевариваемого протеина в общей питательности, сухое вещество молодой травы близко к концентрированным кормам и значительно превосходит их по биологической ценности протеинов и витаминов. Особенно важен зелёный корм как источник каротина. Очень богаты им растения в ранней фазе развития; содержание каротина падает с возрастом, и очень резко после стеблевания и колошения. На зелёный корм скашивают бобовые и злаковые травы, вико-овсяную смесь, горохо-овсяную смесь, сорго сахарное, суданскую траву, кукурузу, рей-грас, костер безостый, тимофеевку и др.

Сено – грубый корм, полученный в результате обезвоживания скошенной травы воздушно-солнечной сушкой до влажности 17%. Сушка должна быть проведена так, чтобы сено было зелёного цвета, с хорошим ароматом, с минимальными потерями листьев и соцветий. Кормовые качества сена зависят от его ботанического состава, места произрастания трав, времени и способа уборки, продолжительности и условий хранения. По ботаническому составу сено бывает бобовое, злаковое, бобово-злаковое, разнотравное естественных сенокосов.

Грубым кормом является также солома – побочный продукт зернового производства. Влажность соломы должна быть 18-20%.

Сенаж – корм, приготовленный из трав, собранных в ранние фазы вегетации, провяленных до влажности 55-45% и сохраняемых в анаэробных условиях. Консервирование сенажа достигается в результате недостаточного содержания воды в провяленных растениях для большей части бактерий. На провяленной до указанной влажности массе развиваются гнилостные и молочнокислые бактерии, что способствует её сохранности. Из кислот в сенаже образуется в основном молочная кислота-78-95% от суммы всех кислот. Развитие плесневых грибков устраняется тщательной изоляцией измельчённой массы от воздуха. Без доступа воздуха прекращается дыхание растительных клеток и устраняется возможность сильного нагревания растительной массы.

Силос – корм, приготовленный из свежескошенной или подвяленной зелёной массы, законсервированной в анаэробных условиях органическими кислотами, образующимися в результате жизнедея-

тельности бактерий. В основе силосования находится процесс молочнокислого брожения. В отличие от приготовления сенажа, при силосовании молочнокислое брожение протекает более интенсивно, корм подкисляется в большей степени. При изоляции зелёной массы от доступа воздуха молочнокислые бактерии сбраживают содержащийся в ней сахар в молочную ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), частично уксусную ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) кислоты, которые подкисляют массу, создают условия для устранения деятельности гнилостных, масляно-кислых, газообразующих бактерий, портящих корм.

При быстрой изоляции от доступа воздуха успех силосования зависит от содержания в силосуемой массе сахара. По силосуемости растения подразделяются на три группы:

- легкосилосующиеся – содержат сахара больше, чем необходимо для образования молочной кислоты в количестве, достаточном для подкисления массы до $\text{pH}=4,2$.

- трудносилосующиеся – содержат такое количество сахара, которое только при полном переходе в кислоты может оказаться достаточным для необходимого подкисления корма; эти растения при силосовании в чистом виде как правило не заквашиваются и к ним рекомендуется добавлять химические консерванты или растения, содержащие избыток сахара.

- несилосующиеся растения – содержат недостаточно сахара для заквашивания.

К легкосилосующимся растениям относятся кукуруза, подсолнечник, кормовые бобы, вико-овсяная смесь, клевер луговой, рапс, сорго, суданка.

К трудносилосующимся растениям относятся: амарант, вика, люцерна, ботва картофеля, камыш и др.

Существенное влияние на процесс силосования оказывает влажность силосуемой массы. Оптимальной является влажность 60...70%. При силосовании такой массы в траншеях под плёнкой потери питательных веществ не превышают 12%, при этом не выделяется сок. Силосование массы влажностью свыше 75% приводит к снижению качества силоса и его сохранности. В этом случае вытекает около 5% сока от количества массы. При влажности массы 85% и выше количество вытекающего сока составляет 25% и более. Примерно в два раза увеличиваются потери питательных веществ.

2.2. Качество кормов и продуктивность животных

Надземная часть растений, т.е. стебли с листьями, которые ис-

пользуются для приготовления кормов, содержат все незаменимые для питания животных вещества: провитамины и витамины, минеральные вещества. Углеводы составляют 3/4 - 4/5 органического вещества растений. В листьях и стеблях содержатся простые сахара (моносахариды) и продукты их полимеризации – омегосахариды и полисахариды. Некоторые полисахариды, например, крахмал, выполняют роль запасных веществ, другие – целлюлоза, служат структурным материалом (клеточная оболочка). Белки являются поликонденсатами различных аминокислот, в связи с чем они являются необходимыми для питания животных. В состав белков входит около 20 аминокислот. Из них 8 (валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин) являются незаменимыми в питании животных. Провитамины и витамины – незаменимые вещества, без поступления которых в рацион, животные не могут существовать. С растительными кормами животные получают провитамин А (каротин), из которого витамин А образуется в организме животного. Содержание каротина зависит от фазы развития растения. Наивысшее – на ранней фазе роста и снижается по мере развития растения. В необходимых количествах в растениях содержатся провитамины и витамины других групп: D, E, F, C, B и др.

Сухое вещество зелёных растений наиболее богато калием 2,5...3% и кальцием 1...1,7%, фосфора, магния, хлора, серы от 0,2 до 0,4% каждого. Среди микроэлементов на первом месте стоит железо. При достаточном насыщении рациона животных зелёными кормами недостатка в них или иных минеральных элементах возникнуть не может. В том случае, когда зелёные корма находятся в рационе в минимуме и его насыщают зерновыми компонентами, возникает недостаток в минеральных элементах. Различные части одних и тех же растений имеют неодинаковую кормовую ценность. Листья, соцветия, верхние части стеблей по кормовым достоинствам более ценны. В листьях содержится белковых и минеральных веществ в 2 раза, а каротина в 10-15 раз больше, чем в стеблях.

Наука и практика свидетельствуют, что высокие надои молока и прирост живой массы могут быть получены только в том случае, если в рационах кормления будут корма с высокой концентрацией обменной энергии и питательных веществ в 1 кг сухого вещества корма. Обменная энергия представляет собой ту часть энергии корма, которая может быть использована животными для осуществления любых физиологических процессов жизнедеятельности: поддержания существования, образования продукции (прироста, молока и т.д.), передвиже-

ния, перевариваемости корма, воспроизводства и др.

Энергия корма оценивается в Мегаджоулях (мДж). Один мДж равен 106 Дж. Питательность кормов в России оценивают также в кормовых единицах (к.е.). Одна кормовая единица – питательная ценность 1 кг овса.

В производственных условиях потребность коров в энергии определяют, исходя из следующего примерного расчёта:

- на поддержание жизни коровы требуется примерно 11 мДж ОЭ на 100 кг.массы;

- на производство 1 кг молока дополнительно 5 мДж ОЭ.

Примерная потребность в энергии коровы массой 500 кг при суточном удое 10 кг молока на девятом месяце лактации (седьмой месяц стельности) составит [2]:

- на поддержание жизни	55 мДж ОЭ
- на удой	50 мДж ОЭ
- на стельность	11 мДж ОЭ
- общая суточная потребность	116 мДж ОЭ.

В этот период корова может съесть 3 кг сухого вещества на 100 кг живой массы, при массе 500 кг – 15 кг в день. Следовательно, для обеспечения удоя в 10 кг молока в одном килограмме сухого вещества должно содержаться $116:15=7,7$ мДж ОЭ. Эта концентрация энергии минимальная и может обеспечить лишь удой в 10 кг стельной коровы без прироста массы.

По данным ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса для высокой продуктивности животноводства корма должны иметь 10-11 мДж ОЭ в расчёте на 1 кг сухого вещества при содержании сырого протеина 12-14% . В настоящее время в России эти показатели соответственно составляют 7,5-8 мДж ОЭ и 8,5-9,9% сырого протеина. В связи с чем средний надой молока в расчёте на одну корову в сельскохозяйственных предприятиях нашей страны несколько более 4000 кг.

В зависимости от уровня кормления различают три основные системы кормления: экстенсивная, умеренная и интенсивная.

Для экстенсивной системы кормления характерными факторами являются периодический недокорм животных и использование кормов низкого качества. Вследствие этого животные большую часть содержащихся в кормах питательных веществ тратят на поддержание своего существования, меньшую – на образование продукции. Продуктивность животноводства при этом низкая и экономически неэффективная.

Умеренная система кормления предусматривает полное обеспе-

чение поддерживающего кормления, нормального здоровья и всех физиологических функций животного в целях его долголетнего продуктивного и воспроизводительного использования. Она обеспечивает среднюю продуктивность животных.

Интенсивная система кормления применяется в высокопродуктивном животноводстве и требует высокого развития уровня кормопроизводства. При такой системе кормления животные основную часть содержащихся в корме питательных веществ тратят на образование продукции и характеризуется низкими суммарными затратами кормов на образование единицы продукции. Наиболее эффективна в молочном животноводстве интенсивная система кормления.

При интенсивной системе кормления животных важное значение имеют поедаемость корма и насыщенность рациона питательными и биологически активными веществами. Поедаемость кормов зависит от их питательности и вкусовых качеств.

Скот не полностью поедает корм с низкой энергетической ценностью, максимум 12 кг сухой массы в день. Качественный корм, ко-рова со средними удоями поедает 14-16 кг, а с высокими удоями 17-20 кг сухой массы в день. Чем больше в корме содержится энергии, тем выше продуктивность животных.

Комплекс технологических операций, используемых для приготовления из растений того или иного корма, должен обеспечить максимально возможное сохранение их физиологически полезных питательных веществ.

Табл. 2.1. Примерная годовая потребность коров в энергии и протеине при содержании жира в молоке (3,8 - 4,0%) [2]

Среднегодовой удой, кг	Живая масса коровы, кг	Потребность в энергии, тыс. МДж ОЭ	Потребность в перерабатываемом протеине, кг
2500	350-425	29,8-33,1	322-344
3000	400-450	34,5-37,1	6363-385
3500	425-500	38,1- 41,4	406-428
4000	450-550	41,7 - 48,1	448-470
4500	500-575	46,4-50,1	488-511
5000	550-600	51,1-53,2	529-552
6000	575-650	58,3-60,5	613-634
7000	600-675	65,5-67,7	681-707

2.3. Технологии заготовки кормов

Наиболее прогрессивными технологиями, основанными на комплексной механизации и включающими прогрессивные приёмы возделывания и заготовки кормов являются:

- заготовка сена в прессованном виде в тюках и рулонах;
- приготовление сенажа из интенсивно провяленных трав и травосмесей;
- заготовка силоса из кукурузы, убранной в стадии молочно-восковой и восковой спелости зерна;
- уборка трав и кукурузы на зелёный корм.

Эти технологии являются основными при заготовке кормов во всех развитых странах мира.

Технология заготовки сена

Современная технология заготовки сена из многолетних и однолетних трав состоит из следующих технологических операций:

- скашивание трав;
- ворошение скошенных трав;
- сгребание трав в валки;
- оборачивания валков для ускорения сушки;
- подбор валков с одновременным прессованием их в рулоны или тюки;
- подбор валков с одновременным измельчением массы тележками-самопогрузчиками;
- транспортировка тюков, рулонов или измельчённого сена к местам хранения.

Из этого следует, что процесс заготовки сена можно разделить на две части: первая охватывает операции по скашиванию трав и сбору скошенной массы в валок, вторая – операции по подбору сена из валков, транспортировке и закладке его на хранение.

Первая часть технологии может осуществляться в двух вариантах. В первом варианте, применяемом при заготовке сена без досушивания его активным вентилированием, скашивание трав производится косилками, и скошенная масса высыхает в прокосе. Сбор массы в валок осуществляется валкообразователями. Во втором варианте скашивание трав и сбор их в валок для подвяливания осуществляется валковыми косилками.

Наибольшее распространение в мировой практике получила заготовка грубых кормов в прессованном виде. На мировом рынке наблюдается устойчивая тенденция возрастания продаж прессподборщиков для заготовки сена и соломы в крупных рулонах и круп-

ных тюках и резкого сокращения продажи традиционных поршневых пресс-подборщиков, применение которых требует больших затрат при складировании тюков. Более эффективная технология заготовки сена в рулонах полностью исключает ручной труд, обеспечивает комплексную механизацию всех операций и высокую производительность труда. Такая технология находит всё большее применение в сельском хозяйстве России.

Технология заготовки грубых кормов в крупных прямоугольных тюках массой 300...500 кг имеет неоспоримые преимущества: наивысшую производительность, в том числе и по сравнению с рулонными пресс-подборщиками, наименьшие затраты труда; сокращение расхода шпагата на обвязку тюков; лучшее использование грузоподъемности транспортных средств и вместимости кормохранилищ, сохранение высокого качества корма, сокращение затрат времени на погрузочно-разгрузочные операции. Машины для этой технологии отличаются высокой стоимостью. Однако эффективность технологии позволяет сделать вывод о целесообразности применения её в России при заготовке сена.

При заготовке сена методом активного вентилирования массу досушивают в валках до влажности 30...40%. Подбор валков осуществляется тележками-самопогрузчиками, осуществляющими измельчение массы, загрузку её в кузов и транспортировку к местам хранения.

Сено, как и любой другой корм, необходимо оберегать от отрицательного воздействия атмосферных осадков. Хранение его в не укрытых скирдах приводит к большим потерям питательных веществ. Сено, находящееся в хранилище, почти полностью сохраняет свои кормовые достоинства.

Прессованное сено в тюках и рулонах лучше хранить в сенохранилище или под навесами.

При заготовке сена методом активного вентилирования измельчённую массу укладывают на воздухораспределительные каналы слоем 2 м. и досушивают до влажности 20...25%. В дальнейшем увеличивают слой массы ещё на 2 м и т.д. до заполнения хранилища. Вентилюют до достижения влажности 17%

Наилучшими сроками уборки для бобовых трав являются фазы бутонизации – начало цветения, для злаковых колошение - начало цветения. Заканчивать скашивание трав по каждому типу сенокоса необходимо в течение 8-10 дней. Промедление с уборкой трав на 5-7 дней приводит к снижению питательной ценности и переваримости кормов до 20%, что в конечном счёте ведёт к увеличению расхода

концентрированных кормов. Так, при заготовке сена из клевера в фазе бутонизации расход концентрированных кормов при удое 10 кг составлял 3,1 кг в сутки, а при заготовке сена в фазе цветения клевера – 4,1 кг, т.е. увеличился на 32%.

Помимо своевременного кошения трав, огромное влияние на качество сена оказывает продолжительность сушки скошенных трав в поле. Высушивание травы в естественных условиях является сложным биохимическим процессом, в результате которого происходят большие потери питательных веществ, в особенности таких ценных как каротин, протеин, аминокислоты. При длительной сушке и неблагоприятных погодных условиях эти потери достигают 50%. Чтобы сэкономить в высушиваемой траве максимальное количество питательных веществ, надо быстро довести траву до такого состояния, при котором умирают растительные клетки и прекращается активная деятельность окислительных ферментов, т.е. снизить влажность до 17...18%.

Табл. 2.4. Питательная ценность сенажа из многолетних трав первого укоса, убранных в разные фазы вегетаций

Культура	Фазы вегетации при скашивании	Содержание в 1 кг сухого вещества	
		Обменной энергии	Перевариваемого протеина
Клевер луговой	Начало бутонизации	11,4	142
	Бутонизация	11,2	123
	Цветение	10,1	98
Клевер луговой + Тимофеевка луговая	Стеблевание клевера	11,65	138
	Бутонизация клевера	10,7	85
	Цветение клевера	9,3	62
Ежа сборная	Выход в трубку	10,9	103
	Колошение	9,9	70
	Цветение	9,3	56

Сушку нужно организовать так, чтобы обеспечить одновременное отмирание листьев и стеблей. Наряду с потерей питательных веществ в результате биохимических процессов, происходят также ме-

ханические потери вследствие обламывания нежных частей растений (листочков, цветков) если они высыхают ранее стеблей. Величина этих потерь зависит от свойств зелёной массы, продолжительности сушки, погоды. Особенно много питательных веществ вследствие механических потерь теряют бобовые травы (люцерна, клевер), у которых листья составляют почти половину веса растений и содержат около 90% протеина, а содержание каротина в них в 8-20 раз выше, чем в стеблях. Между тем, исследованиями установлено, что при равномерной, ускоренной сушке трав в естественных условиях, которая обеспечивается такими операциями, как плющение, ворошение скошенной массы, оборачивание валков,

потери питательных веществ могут быть снижены не менее чем в два раза.

Технология заготовки сенажа

Технология приготовления сенажа состоит из следующих основных технологических операций:

- скашивание трав с одновременным механическим повреждением для ускорения сушки;
- подбор массы из валка с её измельчением и погрузкой в транспортные средства;
- транспортирование и выгрузка измельчённой массы в хранилище,
- уплотнение в хранилище и герметизация.

Сенаж высокого качества можно получить при уборке трав в ранние фазы вегетации. Ниже приведена питательная ценность сенажа из многолетних трав первого укоса, убранных в разные фазы вегетаций.

Провяливание трав следует проводить в возможно короткий срок, ускоряя его в зависимости от погодных условий оборачиванием валков и ворошением. В неустойчивую погоду ускорение провяливания массы достигается в прокосах. Для этого травы скашиваются в растил, и проводят их активное ворошение. В случае, если скашивание трав проводилось с одновременным образованием валков, при неблагоприятной погоде последние разбрасываются и ворошатся. При достижении необходимой влажности массу из прокосов сгребают в валки.

Подбор валков и измельчение массы начинают при её влажности 60...55%, чтобы основное количество убрать при влажности 50...55%, которая является оптимальной для приготовления сенажа. Провяливать травы до влажности ниже 45% не рекомендуется, особенно бобовые в их смеси со злаковыми. Это приводит к увеличению потерь при

проявливании, удлиняет срок нахождения трав в поле, способствует повышению механических потерь при подборе, измельчении и погрузке измельчённой массы. Для быстрого уплотнения массы проявленные растения необходимо измельчать на отрезки до 30 мм.

Необходимым условием получения сенажа высокого качества является тщательная изоляция проявленной массы от воздуха при хранении. Основной тип хранилища для сенажа – наземные траншеи. При их эксплуатации упрощается механизация выемки корма и устраняется опасность затопления грунтовыми водами. Высота стен траншеи должна быть не меньше 3,5 м. Ширина должна быть такой, чтобы с учётом расхода сенажа можно было обеспечить его выемку слоем не менее 30-40 см по всей ширине и высоте хранилища. Опыт эксплуатации траншей показал, что для обычных ферм оптимальная ширина траншей 9...12 м.

Масса уплотняется в траншее трактором с самого начала. Толщина ежедневно уложенного слоя проявленной травы в уплотнённом виде должна составлять не менее 1 м. Траншеи с высотой стен 3 м должны заполняться максимум в течение 3-х суток (оптимально в течение 1 суток). После заполнения хранилища массу немедленно укрывают пологом из синтетической плёнки толщиной 0,15-0,20 мм. Полог по всей поверхности прижимают грузом: в траншеях землёй (слоем 5-8 см), опилками (слоем 20-25 см), тюками соломы.

В последние годы в России находит применение технология заготовки сенажа в рулонах, обмотанных в плёнку. Рулон, спрессованный из подвяленной массы, обматывается по всей поверхности в несколько слоев тонкой (0,025-0,030 мм) плёнкой шириной 50 см, покрытой слоем контактного клея, в результате чего образуется плотная воздухонепроницаемая оболочка. Рулон перевозится с поля на специальную площадку, где обматывается плёнкой упаковщиком, агрегатируемым с трактором и работающим на стационаре. Так же технологические процессы прессование рулона и обмотка его пленкой могут осуществляться в поле мобильным агрегатом, состоящим из пресса и упаковщика. Следует иметь в виду, что для обеспечения сохранности корма рулоны должны быть упакованы в плёнку в течение не более двух часов после их образования. Рулоны могут упаковываться также в полимерный рукав длиной до 45 м. Необходимо отметить, что технология заготовки сенажа в полимерной упаковке обеспечивает получение высокопитательного корма с высоким содержанием обменной энергии, протеина, каротина и позволяет заготавливать корма при неблагоприятных погодных условиях. Однако она эффективна только

при небольших объёмах заготовок сенажа и отсутствии хранилищ для его хранения. В Западной Европе эта технология применяется на фермах с небольшим (до 70) поголовьем скота. По производительности технология значительно уступает производительности кормоуборочных комбайнов, требует больших трудозатрат и дорогостоящей полимерной плёнки.

Технология приготовления силоса

Технология приготовления силоса состоит из следующих основных операций:

- скашивания силосуемой массы с одновременным измельчением и погрузкой в транспортные средства;
- транспортировки и выгрузки измельчённой массы в хранилище;
- уплотнения в хранилище и герметизация.

Ниже приведены оптимальные сроки уборки кормовых культур для закладки силоса.

Большинство культур, возделываемых на силос (кукуруза, сорго, зернобобовые культуры, однолетние бобово-злаковые смеси) в сроки, обеспечивающие максимальный сбор питательных веществ и получение наиболее качественного корма по концентрации перевариваемой энергии, имеет влажность 60...70%. Силосные культуры влажностью выше 70% к моменту уборки целесообразно закладывать в траншеи с добавлением соломы, а травы провяливать до влажности 70%.

Табл. 2.5. Оптимальные сроки уборки кормовых культур для закладки силоса

Культура	Фаза вегетации
Кукуруза	Восковая спелость зерна
Подсолнечник	Начало и первая половина цветения
Суданка	Выбрасывание метёлки
Сорго	Восковая спелость зерна
Кормовой люпин	Блестящие бобы в нижних ярусах
Многолетние бобовые травы	Бутонизация
Многолетние злаковые травы	Начало колошения

Весьма важными операциями являются: измельчение и уплотнение растительной массы.

Измельчение силосуемой массы необходимо для более быстрой

и плотной её укладки, вытеснения содержащегося между измельчёнными частицами растений воздуха, замедления доступа воздуха в силос при его хранении и выемке, лучшего использования грузоподъёмности транспортных средств при доставке измельчённой массы к хранилищам. Измельчение способствует усилению развития молочнокислых бактерий и ускоряет подкисление силосуемой массы. Степень измельчения и уплотнения массы зависит от её влажности и морфологического строения растений.

Измельчение должно способствовать плотной укладке массы, но лишь в такой мере, чтобы не было обильного выделения сока. В связи с этим с увеличением влажности растений размер измельчённых частиц необходимо увеличивать. Так, кукурузу восковой спелости зерна измельчают на частицы 10 мм, а молочно-восковой 20-30 мм. Необходимая степень измельчения различных видов силосуемых культур для получения качественного силоса приведена ниже (таблица 2.6).

Технология приготовления силоса может осуществляться в двух вариантах. При заготовке силоса из кукурузы, подсолнечника и других толстостебельных культур скашивание производят с одновременным измельчением и погрузкой в транспортные средства. При приготовлении силоса из трав при высокой влажности, вначале осуществляется скашивание растений для подвяливания (снижение влажности), а затем производится подбор валков кормоуборочными комбайнами с измельчением.

Табл. 2.6. Необходимая степень измельчения для получения качественного силоса

Силосуемая культура	Длина частиц, мм
Кукуруза восковой спелости (вл. 60-69%)	10
Кукуруза молочно – восковой спелости (влажности 70-74%)	20...30
Подсолнечник, многолетние травы	20...30

Технология заготовки силоса из трав аналогична технологии приготовления сенажа, однако подвяливание производят до более высокой влажности.

Для хранения силоса в основном используются траншеи с укрытием в них массы полимерными плёнками. Ширина траншей должна быть 12-15 м, высота стен не менее 3м. На крупных откормочных комплексах ширину траншей увеличивают до 18...24 м. Массу в траншеи укладывают ровными слоями по всей длине или наклонными

слоями заполняют до верха один конец траншей. Траншея должна быть заполнена в течение 3-х дней, что требует высокой производительности комбайнов. Массу уплотняют в течение всего процесса загрузки. При влажности массы 70% плотность должна быть 650...700 кг/м³, при влажности более 70% - 700...800 кг/м³.

Технология заготовки зелёного корма

Технология заготовки зелёного корма из однолетних и многолетних трав, злаковых культур и кукурузы заключается в скашивании растений с одновременным измельчением и погрузкой измельчённой массы в кормораздатчик. Последний в агрегате с трактором транспортирует массу на ферму и раздаёт измельчённую массу в кормушки. Отличием полевых операций при заготовке зелёного корма от таких же операций при заготовке силоса является то, что для зелёного корма нет необходимости в мелком измельчении.

Техническое обеспечение рассмотренных выше технологий включает в себя шесть групп машин: косилки, ворошилки, валкообразователи (грабли), пресс-подборщики, кормоуборочные комбайны, тележки-самопогрузчики.

Следует иметь в виду, что ни одна самая хорошая машина, выполняющая качественно технологическую операцию, не гарантирует получение качественного корма, если другие операции технологически выполняются некачественно. Только качественное выполнение всех операций технологий гарантирует получение высококачественного корма, обеспечивающего высокую продуктивность скота.

В связи с этим рациональный комплекс машин для выполнения той или иной технологии должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Все машины должны быть согласованы между собой по параметрам.
2. Каждая машина комплекса, осуществляя технологическую операцию, должна создавать условия для производительного и качественного выполнения следующей операции;
3. На всех операциях должен быть устранён ручной труд;
4. Машины, входящие в комплекс, могут быть использованы независимо друг от друга;

Основными причинами, не позволяющими большинству хозяйств в России получать корма высокого качества, является необеспеченность кормопроизводства высокопроизводительными, надёжными комплексами машин для современных технологий.

В результате этого:

1. Не соблюдаются сроки уборки кормовых культур;
2. Не соблюдается оптимальная их влажность при заготовке сенажа и силоса;
3. Длительное заполнение хранилища сенажа и силоса;
4. Недостаточное уплотнение консервируемой массы;
5. Плохая герметизация массы, заложенной в хранилища.

2.4. Машины для заготовки кормов

Косилки

Одним из основных условий получения кормов высокого качества является своевременное кошение трав. Промедление с уборкой трав на 5-7 дней приводит к снижению питательной ценности кормов и их перевариваемости на 10-12%. Поэтому машины для скашивания трав должны быть надежны и высокопроизводительны.

Важнейшим рабочим органом кормоуборочных машин является режущий аппарат, предназначенный для скашивания растений.

Различают сегментно-пальцевые, беспальцевые и ротационные режущие аппараты. Первые два осуществляют подпорный срез по принципу ножниц, когда стебли опираются на противорежущие элементы аппарата и срезаются закрепленными на ноже сегментами. У ротационных аппаратов ножи, закрепленные на диске (ротационно-дисковые) или барабане (ротационно-барабанные), ударом разрезают стебли растений, осуществляя бесподпорный срез. Отгиб стеблей ограничивается их жесткостью, инерцией и частично подпором соседних стеблей.

Сегментно-пальцевый режущий аппарат (рис. 2.1, а, в, е) состоит из пальцевого бруса 1 и ножа 10, совершающего возвратно-поступательное движение со средней скоростью 1,8...3 м/с. Пальцевый брус 1 представляет собой стальную полосу, к которой прикреплены стальные пальцы 7. Вверху палец снабжен отростком, по бокам - усиками. К пальцу прикреплена стальная противорежущая пластина 9 с острыми боковыми гранями.

Палец прикреплен к пальцевому брусу болтом. Буртик пальца упирается в брус, удерживая палец от бокового отклонения. Палец имеет желобок, в котором перемещается спинка 2 ножа. К спинке ножа прикреплены стальные пластины 3 трапецеидальной формы с острыми боковыми гранями (сегменты) и головка, шарнирно соединенная с шатуном механизма привода ножа.

Во время среза стеблей возникают силы, прижимающие спинку 2 ножа к пальцевому брусу 1. Для предотвращения износа пальцевого

бруса к нему прикреплены пластины трения 12, в которые упираются спинка и сегменты ножа. Диаметр отверстия в пластинах больше диаметра болта, что позволяет передвигать пластину по мере износа. Прижимные лапки 11 прижимают сегменты к противорезущим пластинам 9, обеспечивая тем самым необходимый зазор в режущей паре сегмент - пластина. Носок сегмента 3 соприкасается с противорезущей пластиной, а основание - опирается на пластину трения 12. Поэтому между сегментом и задним краем противорезущей пластины должен быть зазор 0,3...0,5 мм. Если он больше, подгибают прижимы.

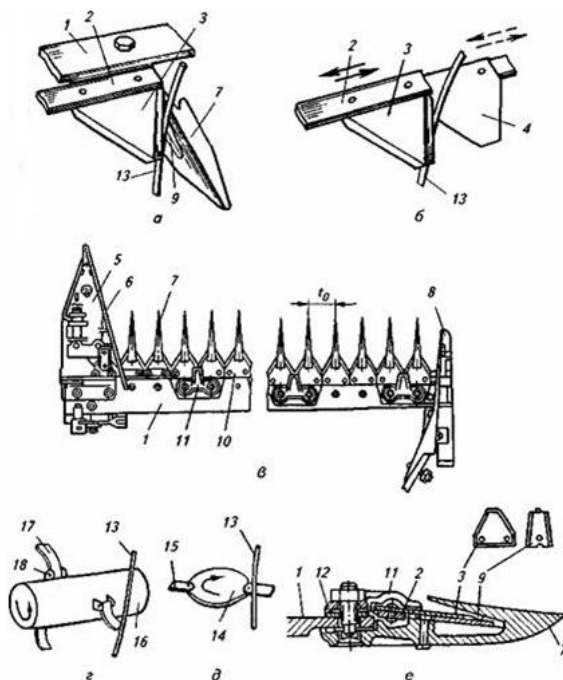


Рис. 2.1. Типы режущих аппаратов:

а, в - сегментно-пальцевые (е - сечение режущего аппарата), б - беспальцевый; г - ротационно-барабанный; д - ротационно-дисковый; 1-пальцевый брус; 2- спинка ножа, 3, 4- сегменты; 5-внутренний башмак, 6- стеблеотвод; 7-палец; 8- наружный башмак; 9- противорезущая пластина; 10- нож; 11-прижимная лапка, 12- пластина трения; 13 - срезаемое растение, 14 - диск; 15-пластинчатый нож, 16- барабан; 17- молотковый нож; 18- ось

На концах пальцевого бруса закреплены внутренний 5 и наруж-

ный 8 башмаки. Под каждым башмаком находится полозок, задний конец которого можно поднимать и опускать, регулируя высоту среза растений.

Существуют режущие аппараты нормального и низкого резания. Наиболее распространены режущие аппараты нормального резания, характеризующиеся соотношением

$$S = t = t_0 = 76,2 \text{ мм},$$

где S -ход ножа из одного крайнего положения в другое, мм; t - шаг режущей части, расстояние между серединами соседних сегментов, мм; t_0 - шаг противорежущей части, расстояние между серединами соседних пальцев, мм.

Машины, предназначенные для работы на повышенных скоростях (до 12 км/ч), оборудуют нормальным режущим аппаратом с двойным пробегом сегментов:

$$S = 2t = 2t_0 = 101,6 \text{ мм}.$$

Ход ножа увеличивают вдвое и по конструктивным соображениям. Режущий аппарат низкого резания характеризуется равенством

$$S = t = 2t_0 = 76,2 \text{ мм}.$$

Беспальцевый режущий аппарат (рис. 2.1, б) отличается от сегментно-пальцевого конструкцией противорежущего элемента, в качестве которого применяют неподвижные сегменты 4 или узкие пальцы без отростка с открытой противорежущей пластиной. К этому типу относятся также аппараты с двумя подвижными ножами, у которых стебель защемляется между движущимися навстречу друг другу сегментами. Такие аппараты применяют при уборке спутанных и полеглых растений, так как беспальцевый аппарат в этих условиях меньше забивается и обеспечивает качественный срез.

Режущие аппараты подпорного среза (сегментно-пальцевые и беспальцевые) имеют сегменты с гладкой кромкой, с углом заточки около 19° . Боковые и передняя грани сегментов закалены. Сегменты необходимо своевременно затачивать, так как при работе тупых сегментов усилие среза растений резко возрастает, качество среза ухудшается, высота среза увеличивается.

Для скашивания сеяных трав и растений с жесткими трубчатыми стеблями применяют нож, составленный из сегментов с насечками на режущих кромках. Они срезают стебли со значительно большим усилием по сравнению с гладкими сегментами. Насеченные сегменты не нужно точить.

Ротационно-дисковый режущий аппарат (рис. 2.1, д) состоит из бруса, на котором установлены роторы (диски 14) с шарнирно или же-

стко закрепленными ножами. Ножи вращаются с окружной скоростью 40...60 м/с и ударом разрезают стебли растений. Такие аппараты позволяют работать на больших поступательных скоростях и обеспечивают качественный срез растений на высокоурожайных участках.

Роторы могут быть выполнены с верхним, нижним или комбинированным приводом. В первом случае их вращение осуществляется посредством клиноременной передачи, расположенном сверху режущего аппарата. При нижнем приводе диски получают вращение от шестеренной передачи, помещенной в корпусе, на котором установлены подшипники дисков. Комбинированный привод состоит в том, что часть роторов приводится в действие клиноременной передачей, а часть - шестеренной.

Ротационно-барабанный режущий аппарат состоит из вращающегося вокруг горизонтальной оси барабана 16 и ножей 17 (рис. 2.1, г), закрепленных на барабане шарнирно или жестко. Вращаясь с большой скоростью, ножи ударом разрезают стебли и отбрасывают их на транспортирующее устройство. В таких устройствах обычно срез растений совмещен с их измельчением. Аппараты с шарнирно закрепленными ножами применяют на универсальных косилках-измельчителях, а с жестко закрепленными ножами - на машинах для уборки грубостебельных силосных культур.

Ротационная навесная косилка КРН-2,1А предназначена для скашивания высокоурожайных трав, мелкого кустарника и бурьяна с укладкой скошенной массы в прокос. Она состоит из рамы-навески 10 (рис. 2.2), подрамника 12, ротационного режущего аппарата 7, механизма уравнивания, гидрооборудования и механизма привода. К нижней части подрамника крепится тяговый предохранитель 11, который предупреждает поломки режущего аппарата при столкновении с препятствием. Брус режущего аппарата 7 соединен с подрамником шарнирно, что позволяет устанавливать его вертикально и фиксировать тягой 5 при переводе косилки в транспортное положение. Механизм уравнивания ограничивает силу воздействия режущего аппарата на почву. Механизм регулируют так, чтобы растительная масса не сдиралась и не скапливалась перед ножами и чтобы не было сильной вибрации роторов. Силу воздействия на почву внешнего (200...300 Н) и внутреннего (700...900 Н) башмаков регулируют болтами 4.

Режущий аппарат состоит из двух пар роторов 8, которые приводятся в действие шестеренными передачами и попарно вращаются навстречу один другому. Шестеренные передачи помещены в корпусе,

заполненном смазкой. На роторах шарнирно закреплены пластинчатые ножи 13, окружная скорость которых составляет 65 м/с. Ножи выполняют бесподпорный срез стеблей, выносят их из зоны резания, перемещая над режущим бруском. Траектории движения ножей соседних роторов перекрываются, поэтому стебли полностью срезаются по всей ширине режущего аппарата. Скошенная трава ударяется о щиток полевого делителя 14 и укладывается в прокос.

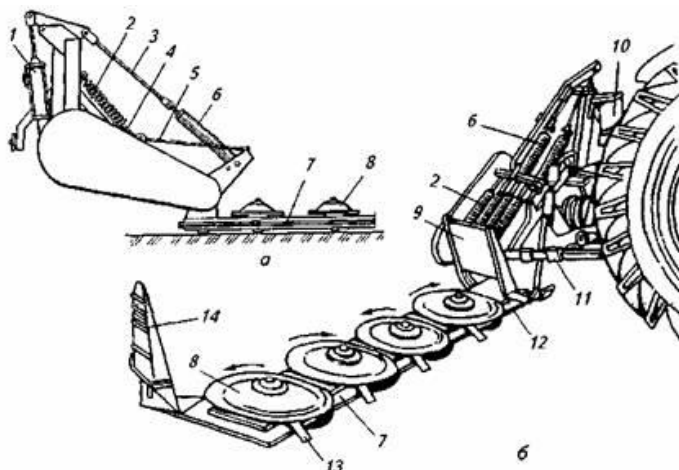


Рис. 2.2. Ротационная косилка КРН-2,1А:

а - рабочее положение, б - общий вид; 1 - гидроцилиндр подъема режущего аппарата пружины механизма уравнивания, 3, 4 - регулировочные болты; 5 - транспортная тяга; 6 - пружины механизма подъема, 7-режущий аппарат; 8- ротор; 9 -кронштейн режущего аппарата; 10- рама-навеска, 11 - тяговый предохранитель, 12 - подрамник; 13- нож, 14- полевой делитель

Роторы и ножи должны быть надежно закреплены. Толщина режущей кромки ножей должна быть не более 0,2 мм. При затуплении одной режущей кромки нож переставляют на роторы с противоположным направлением вращения. Ножи с затупившимися с обеих сторон режущими кромками затачивают или заменяют новыми.

Высоту среза растений регулируют, наклоня режущий аппарат вперед (но не более чем на 7°) и изменяя длину центральной тяги механизма навески. Тяговый предохранитель регулируют так, чтобы он срабатывал при усилии 300 Н, приложенном посередине режущего аппарата.

Валкообразователи

Важнейшей операцией заготовки кормов является формирование валков скошенных трав. От формы валков и массы его 1 м зависит производительность машин на их подборе.

Провяленную или высохшую траву из прокосов в валки сгребают граблями. По принципу действия и конструкции рабочих органов различают поперечные, колесно-пальцевые и роторные грабли (рис. 2.3.).

Поперечные полунавесные грабли (рис. 2.3, а) предназначены для сгребания в валки скошенной травы влажностью 80% и урожайностью не более 5 т/га, а также для очистки участков от остатков урожая (соломы, стеблей кукурузы и т.п.). Рабочие органы секций представляют собой стальные пружинные зубья б криволинейной формы. Верхние их концы изогнуты в кольцо и шарнирно соединены с грабельным брусом 7.

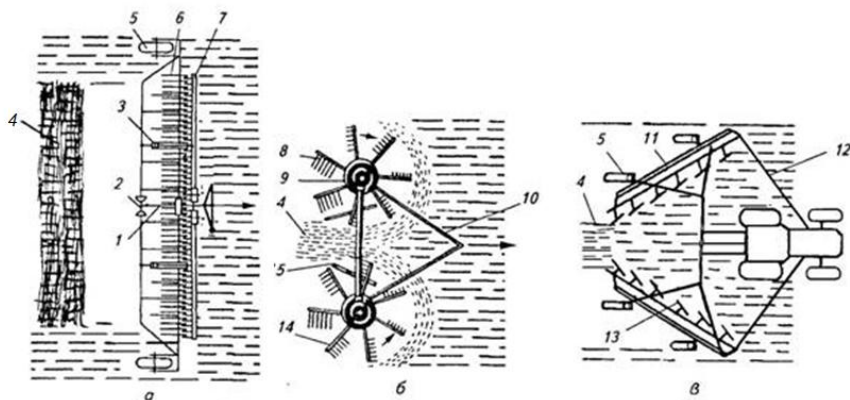


Рис. 2.3. Схема рабочего процесса граблей:

а – поперечных, б – роторных, в – колесно-пальцевых, 1 – сцепка, 2 – шарнир, 3 – гидроцилиндр, 4 – валок сена, 5 – опорное колесо, 6 – пружинный зуб, 7 – грабельный брус, 8 – пальцы, 9 – ротор, 10 – сница, 11 – секция, 12 – растяжка, 13 – пальцевое колесо, 14 – граблина

В рабочем положении зубья грабель образуют короб, после заполнения которого сеном тракторист включает гидравлический привод подъема секций и, следовательно, зубьев. Валок сена 4 выпадает из короба, оно остается на поле и зубья опускаются. Установленные горизонтально очистительные прутья сбрасывают сено с зубьев.

С целью предотвращения потерь материала траектория движения нижних концов зубьев рассчитана так, что они копируют контур валка, а расстояние от их концов в верхнем положении до поверхности почвы должно быть не более 1 м.

Роторные грабли-ворошилка предназначены для сгребания травы из прокосов в валки, ворошения ее в прокосах, оборачивания, разбрасывания и сдваивания валков. Грабли состоят из роторов 9 (рис. 2.3, б), соединенных поперечиной и сницы.

Роторы снабжены граблями 14 с пружинными пальцами 8. Каждый ротор опирается на два колеса, установленные на телекопических стойках. Подъем и опускание роторов осуществляется гидроцилиндрами. Граблины с пружинными пальцами с помощью кулачка, имеющего круговую дорожку, при вращении ротора поворачиваются из вертикального положения в горизонтальное и обратно. В зависимости от вида работы кулачки фиксируют и двух положениях: «Сгребание» или «Ворошение» Роторные грабли-ворошилка предназначены для сгребания травы из прокосов в валки, ворошения ее в прокосах, оборачивания, разбрасывания и сдваивания валков. Грабли состоят из роторов 9 (рис. 2.3, б), соединенных поперечиной и сницы.

Роторы снабжены граблями 14 с пружинными пальцами 8. Каждый ротор опирается на два колеса, установленные на телекопических стойках. Подъем и опускание роторов осуществляется гидроцилиндрами. Граблины с пружинными пальцами с помощью кулачка, имеющего круговую дорожку, при вращении ротора поворачиваются из вертикального положения в горизонтальное и обратно. В зависимости от вида работы кулачки фиксируют и двух положениях: «Сгребание» или «Ворошение»

При сгребании травы роторы 9 вращаются с частотой $67,5 \text{ мин}^{-1}$. Пальцы граблин 14 в передней части роторов устанавливаются вертикально, захватывают скошенную массу и сбрасывают ее к формирующим щитам 15, образуя непрерывный вспушенный валок 4.

Затем граблина поворачивается, пальцы принимают горизонтальное положение и проходят над образовавшимся валком. При передвижении по валку одного из роторов в том же режиме работы граблины оборачивают валок. Если расстояние между валками не превышает 5 м, то грабли за один проход сдваивают их. Ворошение травы в прокосах и разбрасывание валков происходят за счет увеличения частоты вращения роторов до 92 мин^{-1} и перевода кулачков в положение "Ворошение". Пальцы 8 подхватывают впереди лежащую массу из прокоса (валка) и разбрасывают ее сзади роторов по всей ширине за-

хвата. Частоту вращения роторов регулируют двухскоростным цилиндрическим редуктором, закрепленным на снице 10. В зависимости от урожайности трав и погодных условий ширину валка при сгребании до 1,4 м регулируют, изменяя расстояния между крайними точками формирующих щитов 15 за счет их перемещения в кронштейнах колесного хода. Зазор между концами пальцев граблин и почвой (не менее 30 мм) устанавливают с помощью прицепного устройства трактора. Расстояние от нижнего края формирующего щита до почвы в пределе 50...100 мм регулируют, изменяя длину растяжки.

В транспортном положении правый ротор отводится назад и грабли складываются. На небольших участках сгребать и оборачивать валки можно одним левым ротором.

Колесно-пальцевые полунавесные горно-равнинные грабли ГВК-6Г предназначены для ворошения травы в прокосах, сгребания сена в валки и оборачивания валков на равнине и склонах крутизной до 20°. Грабли состоят из двух секций 11 (рис. 2.3, в), соединенных между собой сцепкой, навески и двух растяжек 12. На каждой секции установлено шесть рабочих пальцевых колес 13, ступенчато расположенных под углом к направлению движения.

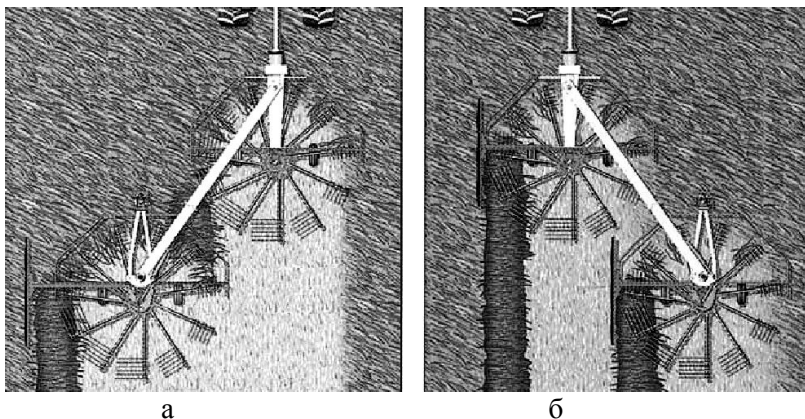


Рис.2.4. Технологическая схема работы валкообразователя
а – сгребание в один валок; б – сгребание в два валка

Пальцевое колесо состоит из каркаса, пружинных пальцев, отогнутых назад, чтобы лучше сходило с них сено, и роликовой втулки. Во время работы каждое пальцевое колесо вращается вследствие сцепления пальцев с почвой. Колеса имеют пружинную подвеску, обеспе-

чивающую копирование микрорельефа поверхности поля.

Грабли соединяют с трактором посредством трехточечной навески и телескопических растяжек 12, которые фиксируют на продольных балках двигателя. В рабочем положении каждая секция опирается на два пневматических колеса 5.

Для сгребания сена в валок секции разворачивают так, чтобы угол между пальцевыми колесами и направлением движения агрегата составлял 45° . Сено передается от переднего вращающегося пальцевого колеса к последующему, и образуется вспушенный валок 4 шириной до 1,2 м. Сгребание сена и оборачивание валков можно осуществлять одной секцией (например, правой). Тогда другую секцию (левую) отсоединяют.

При ворошении травы секции разводят максимально, изменяя длину телескопических растяжек. Во время работы материал перемещается на ширину захвата пальцевого колеса и вслушивается.

Пресс-подборщики

Прогрессивный и экономичный способ получения качественного корма из трав - заготовка прессованного сена. При этом используют пресс-подборщики, которые подбирают массу из валков и прессуют ее в кипы, обвязываемые шпагатом или проволокой.

По конструкции камеры прессования и форме образуемой кипы пресс-подборщики делят на поршневые и рулонные. Первые формируют растения в прямоугольные кипы (тюки) длиной 0,5...2,5 м поршнем, совершающим возвратно-поступательное движение в прямоугольной прессовальной камере, вторые - в цилиндрические кипы (рулоны) в цилиндрической камере прессования переменного или постоянного объема.

У поршневых пресс-подборщиков подача растительной массы в камеру прессования может быть боковой, нижней или верхней. Наиболее распространены машины с боковой подачей, асимметрично расположенные относительно продольной плоскости трактора, с которыми их агрегатируют.

В пресс-подборщиках с нижней подачей предварительно уплотненную растительную массу подают в прессовальную камеру снизу. Такие машины компактнее, чем с боковой подачей, и симметрично расположены относительно продольной плоскости трактора. Предварительное уплотнение снижает мощность на прессование, сформированные тюки легко разделяются на порции, что упрощает их дальнейшее использование. Нижнюю подачу массы используют для формирования крупногабаритных тюков массой 500...600 кг.

Пресс-подборщики с верхней подачей растительной массы к поршню применяют редко.

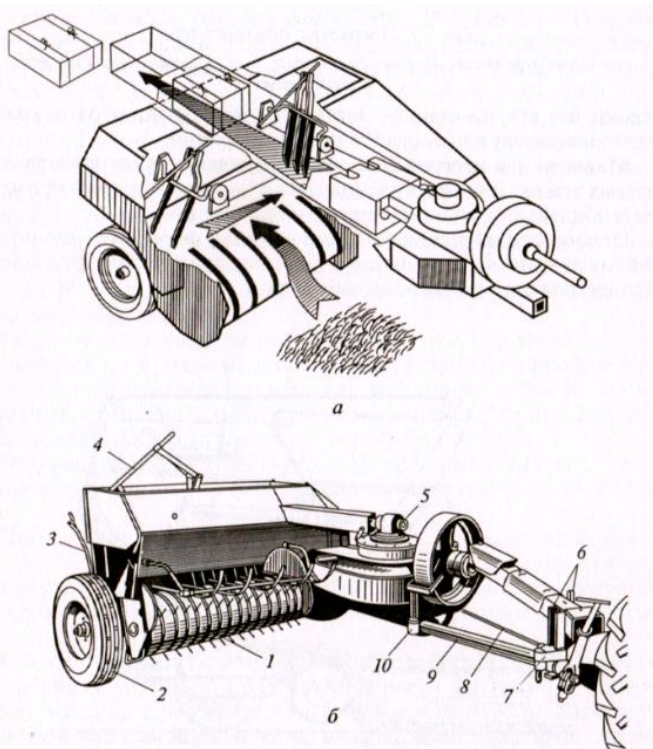


Рис. 2.5. Поршневой пресс-подборщик
а – принципиальная технологическая схема работы; б – общий вид; 1 – подборщик; 2 – ходовые колеса; 3 – рычаг; 4 – упаковщик; 5 – винт регулировочный; 6 – стойки; 7 – кронштейн; 8 – тяга; 9 – сница; 10 – фиксатор сницы

Пресс-подборщик тюковый предназначен для подбора валков сена естественных и сеяных трав или соломы, прессования их в тюки прямоугольной формы до 25 кг с одновременной обвязкой шпагатом, а также для погрузки тюков в прицепленное сзади транспортное средство (при использовании выгрузного устройства). Пресс-подборщик предназначен для использования во всех почвенно-климатических зонах, кроме горных районов.

Пресс-подборщик агрегируется с тракторами тягового класса

1,4.

Рулонные пресс-подборщики с камерой прессования переменного объема уплотняют массу между транспортером и барабаном и закручивают ее в петлю, образованную бесконечными прорезиненными прессующими ремнями. По мере поступления массы диаметр петли увеличивается и образуется рулон заданного диаметра и постоянной плотности.

В камере прессования постоянного объема прессующие ремни отсутствуют. Рулон в ней формируется роликами, вальцами или цепями прессующего механизма. Такие пресс-подборщики проще по конструкции и надежнее в работе. Образованные ими рулоны имеют рыхлую середину и плотный наружный слой. Их можно хранить под открытым небом и досушивать активным вентилированием.

Пресс-подборщик крупногабаритных тюков ПКТ-Ф-2 (рис. 2.5.) предназначен для подбора сена или соломы и прессования их в крупногабаритные прямоугольные тюки массой до 500 кг с обвязкой синтетическим шпагатом. Основные части машины: главная карданная передача; подборщик 1; загрузочная камера 3; механизмы привода, подачи прессуемой массы; прессовальная камера с поршнем 5, иглами 12, вязальным аппаратом 6 и механизмами регулирования длины тюков и плотности прессования; центральный привод, обеспечивающий поршню возвратно-поступательное движение. Сборочные единицы и механизмы машины расположены на раме, оснащенной колесным ходом.

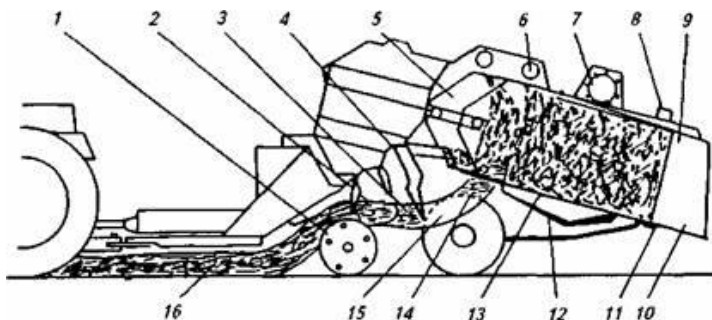


Рис. 2.5. Схема рабочего процесса пресс-подборщика ПКТ-Ф-2:

1 - подборщик; 2- набиватель; 3 - загрузочная камера; 4 - загрузчик; 5-поршень; 6- вязальный аппарат; 7-мерительное колесо; 8- механизм уплотнения; 9 - уплотнитель; 10- люк; 11 - лоток; 12 - иглы; 13, 14, 15- соответственно спрессованная, прессуемая и уплотненная масса; 16- подбираемый валок

Поршень представляет собой объемную сварную конструкцию с вертикальными пазами для прохода игл. На передней части поршня, называемой лобовиной, со стороны загрузочной камеры закреплен плоский нож.

Вязальный аппарат обвязки тюков состоит из пяти секций узлоуловителей, установленных на одном валу. Каждый узлоуловитель имеет крючок с клювом, зажим шпагата и съемник узла с ножом для обрезки концов шпагата после узлообразования. Кассеты для бобин шпагата расположены на боковых стенках прессовальной камеры.

Сварные дугообразные иглы 12, предназначенные для подачи шпагата к узловязателю, размещены в иглодержателе. Во время работы агрегат направляют так, чтобы валок располагался между колесами трактора. Пружинные пальцы подборщика / захватывают сено и подают его к набивателю 2. От краев к середине массу смещают два консольных шнека. Вильчатые пальцы набивателя проталкивают массу в загрузочную камеру 3, которая представляет собой изогнутый канал, где перемещаются зубья загрузчика 4. Движения пальцев набивателя и зубьев загрузчика согласованы, за счет чего масса не только перемещается, но и уплотняется.

Выходной канал загрузочной камеры 3 примыкает к дну приемной полости прессовальной камеры, где формируется тюк. На камере установлены механизм узлообразования, иглы, ножи и др.

Из загрузочной камеры порции уплотненной массы подаются зубьями загрузчика в приемную полость прессовальной камеры перед лобовиной поршня 5, находящегося в верхнем положении. Когда приемная полость заполнится сеном, датчик включает муфту привода поршня. Он начинает движение сверху вниз, сжимает материал, отделяет порции и обрезает ножом "охвостья" и проталкивает плотный слой массы в прессовальную камеру, затем возвращается в исходное (верхнее) положение и останавливается, так как автоматически отключается муфта механизма привода. При отходе поршня спрессованная масса удерживается в сжатом состоянии отсекающими, расположенными внутри прессовальной камеры. Движения набивателя, загрузчика и поршня взаимосогласованны. По мере заполнения всего объема прессовальной камеры прессуемой массой происходит формирование тюка, который снизу, сзади и сверху охватывается пятью нитями шпагата. Концы нитей зафиксированы в зажимах узловязателей на крыше прессовальной камеры, и тюк по мере увеличения вытягивает шпагат из бобин.

Спрессованная масса при движении в прессовальной камере по-

ворачивает мерительное колесо 7, которое при достижении определенной длины тюка включает в работу вязальный аппарат. При этом иглы, проходя в пазах поршня, подают нити к узловязателям, где происходят связывание зажатых и поданных концов нитей шпагата и захват отрезанных, предназначенных для следующего тюка.

Обвязанный тюк проталкивается к выходу из прессовальной камеры вновь поступающими порциями спрессованной массы и по лотку 11 опускается на землю. Длину формируемых тюков регулируют мерительным колесом, расположенным с правой стороны крыши прессовальной камеры. Регулятор плотности с гидросистемой для изменения плотности прессования тюков находится на левой стенке прессовальной камеры.

Пресс-подборщик обеспечивает надежность обвязки и полноту сбора сена до 98%. Его агрегируют с тракторами класса 1,4 и 2. Для обвязки тюков применяют синтетический шпагат со средней разрывной нагрузкой не менее 310 Н.

Рулонный безременный пресс-подборщик ПР-Ф-750 (рис. 2.6) предназначен для подбора валков сена или соломы и прессования их в тюки цилиндрической формы (рулоны) с автоматической обвязкой синтетическим шпагатом.

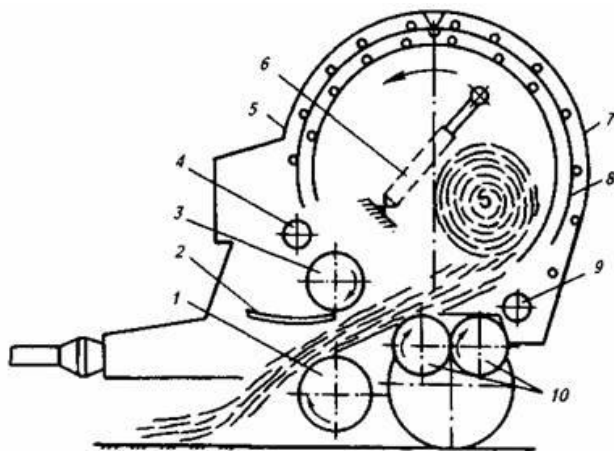


Рис. 2.6. Схема рабочего процесса пресс-подборщика ПР-Ф-750:

1 - барабанный подборщик; 2- прижимная решетка; 3, 10- вальцы; 4,9 - ведущий и ведомый валы механизма прессования; 5, 7- передняя и задняя части камеры прессования; 6- гидроцилиндр; 8- механизм прессования

Камера прессования закрытого типа, постоянного объема состоит из передней 5 и задней 7 частей, соединенных шарнирно. На передней части установлен верхний валец 3 с механизмом регулирования плотности прессования, на задней - натяжное устройство прессующего транспортера. Во время работы с целью предотвращения самопроизвольного открывания задняя часть фиксируется защелками, которые приводятся в действие от гидроцилиндров 6.

Механизм прессования 8 состоит из двух тяговых цепей со специальными звеньями, в которые входят поперечины - скалки. На обоих концах скалок установлены катки, перемещающиеся по дорожкам камеры прессования.

Обматывающий аппарат снабжен механизмом подачи шпагата из бобин, каретки с двумя поводками, ограничителей перемещения каретки, тормозка и ножа. Шпагат подается при обматывании рулона двумя роликами. Аппарат имеет четыре режима работы с различным шагом обмотки.

При движении агрегата над валком пружинные пальцы подборщика 1 подхватывают массу и подают ее в прессовальную камеру. Посредством прижимной решетки 2 происходит предварительное уплотнение сена (соломы), а верхний валец 3 препятствует забиванию входного окна, что обеспечивает стабильную подачу уплотненной массы. Нижними вальцами 10 и цепями со скалками механизма прессования 8 масса закручивается в рулон, который по мере поступления сена приводится во вращательное движение и уплотняется, в результате чего периферийные слои уплотняются больше, чем сердцевина. При дальнейшем поступлении массы ее плотность в камере возрастает, и при достижении заданного значения включается сигнальное устройство, которое работает как в звуковом, так и в световом режиме. Сигнал поступает в устройство от регулятора плотности, и тракторист останавливает агрегат для обмотки рулона.

Механизмом подачи конец шпагата направляется в прессовальную камеру и, захваченный рулоном, наматывается на него, перемещая каретку вдоль рулона. По окончании обмотки шпагат обрезается ножом, и тракторист с помощью гидроцилиндров 6 открывает заднюю часть 7 прессовальной камеры (при этом отключается кулачковая муфта привода цепей механизма прессования). За счет вращения нижних вальцов 10 рулон выгружается из прессовальной камеры на землю. После закрытия задней части камеры агрегат вновь движется по валку, и процесс формирования рулона повторяется.

ПР-Ф-750 можно использовать при заготовке рассыпного сена

без обмотки рулонов шпагатом. При этом устанавливают минимальную плотность прессования.

Пресс-подборщик агрегируют с тракторами тяговых классов 1,4 и 2. Для обвязки рулона применяют синтетический шпагат, его расход 0,25...0,5 кг/т.

При заготовке прессованного в рулонах сенажа очень важно иметь равную по сечению плотность рулона, что снижает вероятность загнивания массы. Для этой цели фирма CLAAS разработала и устанавливает на пресс-подборщиках ROLLANT систему максимального прессования MPS (Рис. 2.7), представляющую собой три вальца, установленных на дугообразном качающемся сегменте. Сегмент смещен к центру рулона, что обеспечивает более раннее начало прессования растительной массы после поступления ее в прессовальную камеру.

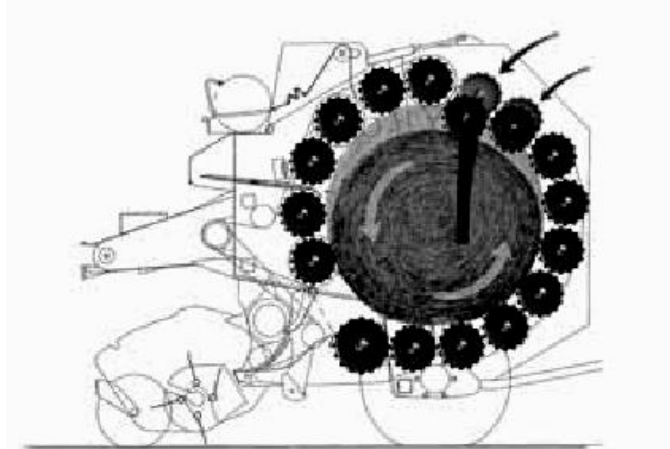


Рис. 2.7. Система максимального прессования MPS II

Для заготовки сенажа в рулонах пресс-подборщики оборудуются приспособлением для обертывания в пленку (рис. 2.8.). Всем устройством управляет один водитель и требуется только один трактор. Высокопроизводительный оберточный модуль заворачивает тюк в шесть слоев эластичной пленки с 52% перекрытием пленки.

Кормоуборочные комбайны

Комбайн кормоуборочный самоходный РСМ-1401 предназначен для скашивания и измельчения с одновременной погрузкой в транспортные средства различных кормовых культур, в том числе кукурузы в фазе восковой спелости зерна, многолетних и однолетних трав и смесей, сорго, подсолнечника и других культур; подбора подвяленной

массы из валков во всех почвенно-климатических зонах. Состоит из следующих основных узлов и агрегатов: адаптера (ротаторная жатка, жатка для уборки трав или платформа-подборщик), аппарата питающего, аппарата измельчающего, выгрузного устройства, рамы несущей, ходовой части, моторно-силовой установки, кабины с площадкой управления, гидравлической системы и системы электрооборудования.

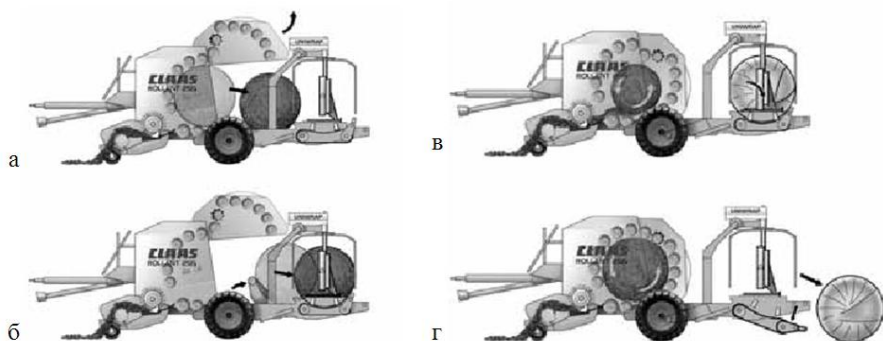


Рис. 2.8. Технологическая схема обматывания рулона пленкой
 а – удаление рулона из прессующей камеры; б – подача на оборотное приспособление; в – оборачивание рулона в пленку; г – подача рулона на поле



Рис. 2.9. Технологическая схема кормоуборочного комбайна PCM-1401

Адаптер выбирается в зависимости от вида работ и навешивается на измельчитель и опирается с помощью двух гидроцилиндров на балку моста ведущих колес.

Аппарат питающий состоит из каркаса, четырех вращающихся вальцов (двух верхних и двух нижних), вала контрпривода питателя со шкивом, вала привода адаптеров, четырехскоростного редуктора питателя с предохранительной муфтой, механизма экстренного останова при срабатывании металлодетектора и камнедетектора, механизма реверса с гидравлическим включением. Предназначен для подачи срезанной массы в измельчающий аппарат.

Аппарат измельчающий состоит из каркаса, барабана шевронного типа, противорежущего бруса, механизма регулировки зазора между противорежущим брусом и ножами барабана, шкива привода, заточного устройства, механизма включения леникса питателя. Предназначен для измельчения срезанной массы и подачи ее в выгрузное устройство.

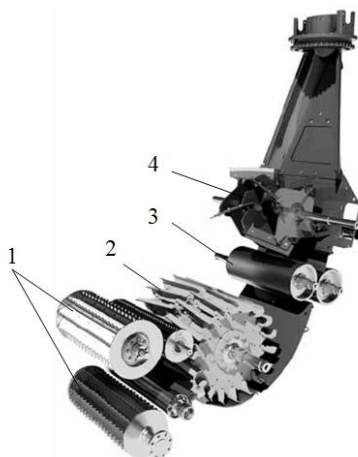


Рис. 2.9. Технологическая схема измельчающего аппарата

1 – питающие вальцы; 2 – измельчающий аппарат; 3 – доизмельчитель зерен кукурузы; 4 – ускоритель выброса

Выгрузное устройство состоит из ротора-ускорителя, устройства поворотного и силосопровода. Предназначено для выгрузки измельченной массы в транспортное средство.

Рама несущая предназначена для крепления кабины водителя (рабочего места оператора), площадки входа и площадки обслуживания, моторно-силовой установки.

Ходовая часть предназначена для обеспечения движения комбайна и состоит из мостов ведущих и управляемых колес.

Моторно-силовая установка предназначена для движения комбайна и привода рабочих органов. Состоит из дизельного двигателя, системы очистки воздуха, блока радиатора, воздухозаборника, вентилятора отсоса пыли, трубопроводов и глушителя.

Моторная установка оснащена дизельным двигателем ЯМЗ-7511.10-09.

Кабина с площадкой управления выполнена с передним центральным расположением рабочего места, унифицированная с кондиционированием и подогревом воздуха, тонированным остеклением.

Рабочее место оператора включает в себя: комфортабельное сиденье, рулевую колонку, органы управления и контроля работы комбайна.

Площадка обслуживания предназначена для обслуживания бачков главных гидроцилиндров.

Площадка входа предназначена для входа в кабину и обслуживания кабины, системы кондиционирования воздуха, воздушного фильтра, инструментального ящика.

Гидравлическая система состоит из трех основных систем: основной гидросистемы, системы рулевого управления и гидросистемы объемного привода ходовой части, имеющих один общий гидробак, единое масло и единый привод насоса тандемом. Предназначена для работоспособности всех узлов и агрегатов комбайна.

Система электрооборудования включает в себя источники тока, пусковые устройства, контрольно-измерительные приборы, устройства освещения и сигнализации, приборы микроклимата в кабине, различные датчики, соединительные провода и кабели.

Технологический процесс происходит следующим образом:

- растительная масса срезается, либо подается в зависимости от применяемого адаптера. Транспортируется в приемную зону питателя;

- в питающем аппарате происходит сжатие и подпрессовывание движущего потока с разгоном массы на активных элементах вальцов с синхронизацией скорости подачи слоя;

- измельчающий барабан за счет высокой скорости выполняет измельчение и разгон зеленой массы для проброса в зону выгрузки;

- доизмельчитель зерен активного типа с разницей скоростей вращения в 20% дробит зерна (причем исключительно на кукурузе в фазе от молочно-восковой спелости);

- в конфузоре измельченная масса транспортируется к ускорите-

лю;

- ускоритель повышает скорость движения растительной массы и транспортирует ее в силосопровод. По силосопроводу движущийся поток направляется в емкость-накопитель для последующей транспортировки к месту хранения.

Кормоуборочный комплекс «Полесье» состоит из универсального энергетического средства УЭС-250 «Полесье» и полунавесного кормоуборочного комбайна КПК-3000. Включает в себя измельчитель 9 (рис. 2.10, а), жатку для уборки трав, подборщик и жатку для уборки кукурузы и других высоко-стебельных кормовых культур. Измельчитель состоит из рамы, самоустанавливающихся опорных колес 10, питающего 14 измельчающего 11 аппаратов, силосопровода 1, механизма передач, гидросистемы, заточного устройства и механизма включения рабочих органов с металлодетектором. Положение опорных колес по высоте рамы регулируют специальным винтом.

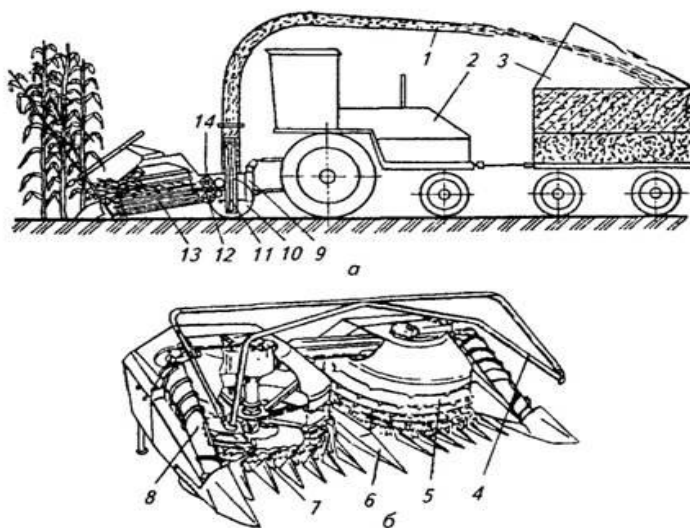


Рис. 2.10. Кормоуборочный комбайн КПК-3000 «Полесье»:

а - схема рабочего процесса; б - роторная жатка; 1 - силосопровод; 2 - энергосредство; 3 - транспортное средство; 4- заламывающий брус; 5-подающий барабан; 6 - направитель; 7- режущий ротор; 8- боковой делитель; 9- измельчитель; 10- опорное колесо; 11 - измельчающий аппарат; 12 - датчик металлодетектора; 13 - жатка, 14- питающий аппарат

Питающий аппарат 14 выполнен из двух нижних питающих и двух верхних подпружиненных вальцов. На оси нижнего переднего вальца размещен датчик 12 металлодетектора. Подпружиненные и передний питающий вальцы имеют ребра. Задний питающий валец гладкий.

Измельчающий аппарат 11 включает в себя камеру, измельчающий барабан дискового типа, две противорежущие пластины. Одна из пластин расположена горизонтально, а другая - под углом к ней для подпора выдавливаемой на сторону массы.

Измельчающий барабан выполнен в виде диска, насаженного на вал, который вращается в двух подшипниках. На переднем конце вала между корпусом подшипника и диском установлены тарельчатые пружины, а на заднем - регулировочная гайка. Задний шлицевой конец вала измельчающего аппарата соединен карданной передачей с ВОМ энергетического средства. На этом же конце вала установлен ведущий шкив клиноременной передачи привода. На диске измельчающего барабана закреплены 12 ножей с основаниями и 12 швыряющих лопаток. Перемещая диск по валу, регулируют зазор между противорежущей пластиной и кромками ножей, который должен составлять 0,4...0,8 мм.

Механизм включения рабочих органов с металлодетектором предназначен для защиты измельчающего аппарата от ферромагнитных предметов за счет мгновенной остановки вращения вальцов. Механизм включения состоит из датчика, электронного блока, исполнительного электромеханизма, включающего в себя электромагнит останова, концевые выключатели, электропроводку, систему рычагов и тяг.

При прохождении ферромагнитных предметов вблизи рабочей зоны датчика изменяется магнитное поле и в электронном блоке наводится сигнал. В электронном блоке формируются команды управления электромагнитом останова и электромеханизмом коробки передач.

Жатка роторного типа для уборки кукурузы (рис. 18, б) состоит из рамы, боковых активных делителей 8, режущих роторов 7, направителей 6, подающих барабанов 5 и заламывающего бруса 4.

При движении комбайна направители 6 разделяют и подают стебли к дискам режущих роторов 7. Заламывающий брус 4 ориентирует срезанные стебли в зону подающих барабанов 5, которые предварительно подпрессовывают массу и подают ее в питающий аппарат измельчителя. Такая конструкция жатки позволяет убирать кукурузу любой высоты и в любом направлении движения независимо от схемы

и способа посева. Из силосопровода измельченная масса выгружается на три стороны: назад и по бокам.

Универсальное энергетическое средство УЭС-250 за счет применения сменных адаптеров можно использовать не только на заготовке кормов, но и при уборке корнеплодов сахарной свеклы, окультуривании залежных земель, выравнивании неровностей рельефа, ликвидации бурьяна и древесной поросли, погрузке твердых органических удобрений, очистке дорог от снега, обработке почвы, внесении удобрений, уходе за посевами и других работах.

3. Механизация подготовки кормов к скармливанию

3.1. Требования к кормам, способы и схемы приготовления

Исходя из энергетической ценности корма подразделяют на объемистые (в 1 кг массы 0,6 корм. ед. и менее) и концентрированные (в 1 кг более 0,6 корм. ед.). По происхождению корма делят на растительные, животные, микробиологического и химического синтеза, комбинированные.

В практике кормоприготовления принято следующее деление кормов:

- зеленые (трава пастбищ и зеленых подкормок);
- грубые (сено, солома, мякина, веточный и древесный корм);
- сочные (силос, сенаж, корнеплоды, клубнеплоды, бахчевые и другие сочные плоды);
- концентрированные (зерно и семена, жмых, шроты и др.);
- корма животного происхождения (молоко, молочные продукты, отходы молочной и мясной промышленности);
- отходы технических производств (спиртовой, сахарной, консервной, пищевой, масложировой);
- пищевые отходы;
- корма микробиологического синтеза (дрожжи, микробный белок);
- синтетические азотистые добавки;
- минеральные и витаминные кормовые добавки;
- комбикорма.

Корма подготавливают в целях повышения их поедаемости, переваримости и использования питательных веществ, улучшения технологических свойств, обеззараживания. Кроме того, корма должны быть очищены от примесей и веществ, вредных для здоровья животных или неблагоприятно влияющих на качество продукции. Наряду с

этим подготовка кормов значительно расширяет возможности использования различных отбросов и отходов как сельскохозяйственного, так и других производств.

Зоотехнической наукой и практикой доказано, что наиболее эффективно корма скармливать в виде смеси, состоящей из разных компонентов. В этом случае продуктивность животных значительно (до 25%) повышается, а расход кормов сокращается.

В настоящее время для переработки и смешивания кормов строят специальные предприятия – кормоцехи животноводческих ферм и комплексов.

Различают следующие способы приготовления кормов: механические, химические, тепловые, биологические.

К механическим способам относятся измельчение, плющение, дозирование, смешивание, уплотнение и т.д. Некоторые механические способы, кроме всего прочего, обеспечивают лучшие условия и для других операций приготовления и раздачи кормов. Например, измельчение компонентов создает условия для их хорошего смешивания, а уплотнение кормов позволяет облегчить их транспортировку, хранение и раздачу.

Химические способы заключаются в воздействии на некоторые виды кормов химическими веществами (соляной кислотой, известковым молоком, щелочью, аммиаком и т.д.) Чаще всего этим способом обрабатывают солому с целью расщепления клетчатки и увеличения ее переваримости.

Тепловые способы сводятся к воздействию на корм тепла (запаривание, поджаривание, сушка, заваривание (горячей водой). При этом уничтожается плесень, если она есть на корме.

Биологические способы основаны на воздействии на корм различных микроорганизмов (дрожжевание, осолаживание и т.д.).

Сено в основном измельчают для повышения поедаемости и улучшения его технологических свойств, особенно в условиях крупных ферм. Термические и химические способы нецелесообразны, поскольку они могут даже снижать кормовые достоинства сена. Эти способы могут быть полезны для обработки сена, приготовленного из перестоявших трав, с высоким содержанием клетчатки, а также сена из низко питательных трав – осоки и др.

Измельченное сено может быть использовано для приготовления полнорационных кормовых смесей.

Солому чаще всего обрабатывают механическими и термиче-

скими способами (измельчение, запаривание, сдобривание, гранулирование и т.д.), повышающими ее поедаемость и частично переваримость.

Химические способы обработки соломы позволяют изменить ее химический состав и тем самым обеспечить значительное повышение переваримости ее питательных веществ и прежде всего углеводов – основного источника энергии.

Корнеплоды перед скармливанием моют и измельчают, но не до кашеобразного состояния, так как в этом случае теряется много сока, а масса быстро темнеет и закисает. Для свиней и птицы целесообразно готовить пасту из смеси сочных кормов (силоса, зеленых кормов, корнеплодов и картофеля).

Фуражное зерно обязательно измельчают, что повышает его переваримость.

Осолаживание (добавление в прогретый водой корм солода в количестве 1-2%), применяется для кормов, содержащих большое количество крахмала (ячмень, пшеничная и ржаная мука, отруби). В результате осолаживания часть крахмала переходит в легкоусвояемый сахар – мальтозу, и корм приобретает сладковатый вкус.

Дрожжеванию подвергают малоценные зерновые корма, богатые углеводами, но с низким содержанием белка. Этот вид обработки повышает питательные и диетические свойства кормов.

Получает распространение метод микронизации, при котором зерно подвергается действию микроволн, в результате чего разогревается, разбухает и растрескивается. Иногда оно дополнительно подается на вальцовую плющилку.

Микронизированное зерно имеет пониженную влажность, хорошо сохраняется и легко смешивается с другими компонентами.

При обработке зерна весьма полезна желатинизация крахмала, происходящая вследствие разрыва оболочек крахмальных зерен. Питательные вещества зерна становятся более доступными для животных, что увеличивает эффект переваримости. В небольшой степени желатинизация крахмала зерна происходит при гранулировании комбикормов и при плющении сухого зерна, но наибольший эффект достигается при сочетании влаготепловой обработки и плющения зерна, а также при экструдировании зерна (сухого и пропаренного).

Экструдирование заключается в воздействии на зерно высокой температуры (120-200° С) и большого давления ($p = 3-5$ МПа).

Среди всех способов приготовления кормов первостепенное значение имеют механические. При механизированном ведении жи-

вотноводства они просто необходимы. Даже в трудные для животноводства годы механические процессы переработки кормов применяются повсеместно.

Технологические процессы приготовления кормов отличаются большим разнообразием, что обусловливается природно-климатическими зонами содержания животных, особенностями местности, наличием вблизи ферм предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, структурой посевных площадей, технологией содержания животных и другими факторами.

Различают следующие типы рационов кормления крупного рогатого скота: сеной, силосный, концентратный, силосно-сеной, силосно-корнеплодный, силосно-жомовый, силосно-сенажный, силосно-сенажно-концентратный с долей концентрированных кормов до 30-35% питательности рациона.

Для свиней применяют следующие типы кормления: концентратно-корнеплодный и концентратно-картофельный с содержанием концентрированных кормов в рационах до 60-75% питательности, концентратный.

Для овец применяют сено-силосно-концентратный тип кормления с содержанием концентратов до 25-35% по питательности. Для этих животных сено-концентратную часть весьма желательно скармливать в виде гранул.

Главным критерием экономической эффективности рационов являются наименьшая трудоемкость и себестоимость производства кормов, наибольший выход с 1 га кормовых угодий питательных веществ, высокая полноценность кормов.

В связи с большим разнообразием рационов каждый из видов кормов обрабатывают по многим схемам.

Грубые корма (солону и грубостебельное сено) готовят по следующим схемам:

измельчение – дозирование – смешивание с другими компонентами;

измельчение – дозирование – запаривание – смешивание;

измельчение – дозирование – биологическая или химическая обработка – смешивание.

Корнеклубнеплоды готовят по схемам:

мойка- измельчение – дозирование – смешивание;

мойка – запаривание – разминание – дозирование – смешивание;

мойка – измельчение – дозирование – дрожжевание – смешивание;

Первую схему применяют на фермах КРС, вторую – на свинофермах, третью на фермах всех видов.

Зерновые корма готовят, используя следующие схемы:

очистка – измельчение – дозирование – смешивание;

очистка – измельчение – осолаживание (дрожжевание) – дозирование – смешивание;

очистка – измельчение – дозирование – смешивание – прессование;

очистка – проращивание;

очистка – измельчение – смешивание с мочевиной – экструзия;

очистка – микронизация.

Эти схемы служат для выбора технологии и оборудования кормоцехов.

3.2. Измельчение зерновых кормов

3.2.1. Зоотехнические требования

Измельчение зерновых кормов обусловлено физиологией сельскохозяйственных животных. Дело в том, что скорость обработки частиц корма желудочным соком прямо пропорциональна площади их поверхности. В результате измельчения кормов образуется множество частиц с большей общей поверхностью, что способствует ускорению пищеварения и повышению усвояемости питательных веществ.

Поэтому содержание целых зерен в измельченном продукте не должно превышать 0,3-0,5%. Как свидетельствует отечественный и зарубежный опыт, нарушение этих границ ведет к перерасходу кормов. Однако чрезмерное измельчение зерна до состояния пыли также снижает эффективность его использования. Так, среднесуточные привесы молодняка свиней оказались на 18% ниже при скармливании кукурузной дерти с размером частиц 0,2 мм, чем при скармливании дерти с рекомендуемым размером частиц. К тому же при переизмельчении увеличиваются затраты энергии дробилкой.

На практике в качестве критерия крупности продукта используют *модуль помола M* – средневзвешенный диаметр частиц, установленный для каждого вида животных:

свиней – 0,2...1,0 мм (тонкий помол);

крс – 1,0...1,8 мм (средний помол);

птиц – 1,8...2,6 мм (грубый помол).

Модуль помола определяется при помощи ситового анализа, т.е. отсева навески измельченного корма на фракции с целью определения его гранулометрического состава. Для этого навеска дерти (100 г)

просеивается на лабораторном рассеивателе вибрационного типа 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 измельчении. Верхние сита с отверстиями диаметром 5 и 4 мм являются контрольными для учета целых зерен. Зерна на этих ситах присоединяются к остаткам на сите с 3 мм.

Исчисление средневзвешенного диаметра (т.е. модуля размола) проводят по формуле

$$M = \frac{d_1 P_1 + d_2 P_2 + \dots + d_n P_n}{100} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i P_i}{100},$$

где d_i – средний размер отверстий двух смежных сит, мм;

P_i – массовый выход фракции, т.е. остаток на каждом сите, выраженный в процентах от массы всей навески;

n – количество фракций, на которое разделилась навеска.

Часто определение модуля помола недостаточно для всесторонней оценки качества измельчения и выравненности измельченного продукта по гранулометрическому составу. В этом случае прибегают к построению гистограмм, дифференциальных или интегральных кривых распределения полученного продукта по размерам (рис. 3.1).

Существующие измельчители дают широкий спектр размеров частиц дерти, захватывающей, как правило, все три степени размола. В связи с этим возникает проблема оптимизации гранулометрического состава получаемой дерти и выбор способов снижения разбросов частиц по размерам при измельчении фуражного зерна.

Известно, что размольные характеристики фуражного зерна могут быть описаны с помощью непрерывного логарифмически нормального распределения. Впервые на этот закон указал академик А.Н. Колмогоров при анализе законов измельчения различных материалов. Логарифмически нормальное распределение частиц по размерам утверждает, что нормально распределена не сама случайная величина x , а логарифм этой величины.

Аналитически функция плотности вероятности $f(x)$ и функции распределения $F(x)$ записывается в вид

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\left[\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma\sqrt{2}}\right]^2\right\}; \quad x > 0, \quad (3.1)$$

$$F(x) = \frac{1}{2} \left\{1 + \operatorname{erf}\left[\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma\sqrt{2}}\right]\right\}, \quad (3.2)$$

где σ, μ – параметры распределения, причем $\sigma > 0, -\infty \leq \mu \leq +\infty$; erf – функция ошибок (табулирована).

Графическая иллюстрация этих функций приведена на рис.3.1.

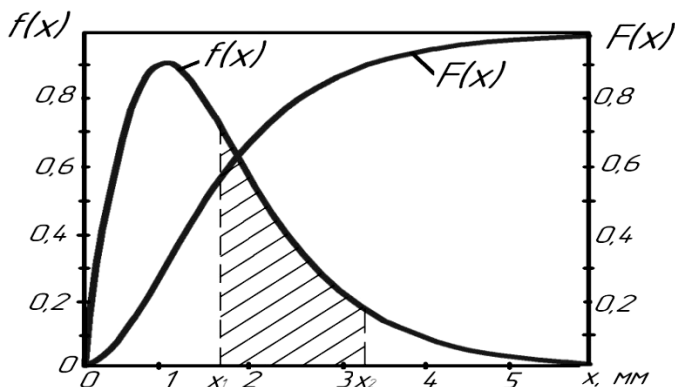


Рис. 3.1. Логарифмически нормальное распределение размеров x частиц дерты

График функции $f(x)$ ассиметричен с максимумом в точке $\exp(\mu - \sigma^2)$. Распределение имеет крутой левый и пологий правый спад, т.е. речь идет о положительной ассиметрии. Фактически данный вид распределения указывает на то, что полученная дерть имеет размеры от нуля и до размера исходных зерновок. Для животных же требуется определенный интервал размеров частиц (x_1, x_2) .

Вероятность P того, что размер x частиц дерты примет значение, принадлежащее интервалу (x_1, x_2) составит

$$P(x_1 < x < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = F(x_1) - F(x_2). \quad (3.3)$$

Как видно из рис. 3.1, в нужную зону $(x_1 < x < x_2)$ попадает лишь некоторая часть помола. Размеры частиц $(0, x_1)$ представляют переизмельченный продукт, (x_2, ∞) – недоизмельченный. Мелкий размол ведет к перерасходу энергии измельчителем, крупный – не усваивается животными. И в том и в другом случае производство несет потери. Традиционный путь улучшения размольной характеристики – настроить измельчители таким образом, чтобы пик функции распределения находился в интервале (x_1, x_2) . Определим аналитически наибольшую вероятность попадания размера частиц x , как случайной величины, в интервал (x_1, x_2) , вычислив производную dP/dx и приравняв ее нулю, т.е.

$$\frac{dP}{dx} = F'(x_2) - F'(x_1) = 0. \quad (3.4)$$

Решение уравнения дает значение параметра μ , доставляющее максимум функции (3.3):

$$\mu_* = \frac{\ln(x_1) + \ln(x_2)}{2} \quad (3.5)$$

Таким образом, чтобы максимальное количество продукта размола попало в требуемый интервал (x_1, x_2) , измельчитель должен быть построен так, чтобы обеспечить параметр μ_* , подсчитываемый по выражению. Например, если речь идет о крупном рогатом скоте, то $x_1=1,0$ мм, $x_2=1,8$ мм, и требуемое значение параметра ставит μ

$$\mu_* = \frac{\ln(1,0) + \ln(1,8)}{2} = 0,294 \text{ мм}. \quad (3.6)$$

Заметим, что μ – это не математическое ожидание, а параметр логнормального распределения. Математическое ожидание (т.е. среднее значение x) рассчитывается для данного вида распределения по формуле

$$M(x) = \exp(\mu + 0,5\sigma^2). \quad (3.7)$$

Пусть $\sigma = 0,4$, тогда

$$M(x) = \exp(0,294 + 0,5 \cdot 0,4^2) = 1,35 \text{ мм}.$$

При этом вероятность попадания частиц дерти в требуемую зоотехническую зону ($1,0 < x < 1,8$) составит величину

$$P(x_1 < x < x_2) = F(1,8) - F(1,0) = 0,578. \quad (3.8)$$

Таким образом, даже при соответствующей настройке измельчителя, в требуемый интервал попадет только часть получаемой дерти (в данном примере 57,8 %).

Одно и то же зерно в зависимости от характера приложения действующей силы может проявлять себя как хрупкое или пластичное. При ударном измельчении с достаточным основанием зерно следует считать хрупким телом (до влажности 16-17%).

Оценивая прочность единичных зерен величиной разрушающего напряжения, профессор С.В. Мельников установил, что для ячменя оно составляет в среднем $7,03 \pm 1,02$ МПа в статических испытаниях против $12,73 \pm 0,4$ МПа, полученных в динамическом режиме. На основании этих данных С.В. Мельников заключил, что «свойство большинства материалов повышать свою прочность с увеличением скорости погружения присуще и зерну».

Из зерновых культур наибольшей прочностью обладает ячмень, который, будучи основной фуражной культурой, может быть принят за эталон для сравнительной оценки. О соотношении показателей прочности зерна различных культур можно судить по следующим данным С.В. Мельникова (прочность зерна ячменя принята за 100%):

- Ячмень – 100%;
- Пшеница – 91%;
- Рожь – 83%;
- Горох – 65%;
- Овес (без пленок) – 54%.

Интересны данные, полученные Л.А. Глебовым по скоростям разрушения зерна свободным ударом.

Табл. 3.2 Скорости разрушения зернового сырья

Скорость удара:	Вид зерновой культуры				
	ячмень	овес	пшеница	рожь	кукуруза
начала разрушения зерна	70	56	43	45	20
полного разрушения зерна	130	105	115	92	60

Из этих данных следует, что динамические прочностные характеристики зерновых одной и той же культуры имеют большой разброс. Гарантированное разрушение всех без исключения зерен ячменя наблюдается при скорости удара 130 м/с и выше, пшеницы – 115 м/с и выше, овса 105 м/с и выше. Это весьма большие скорости, обуславливающие напряженный динамический режим измельчителей, работающих на принципе удара.

3.2.2. Способы измельчения

Из известных способов механического воздействия на зерно с целью его разрушения, таких как удар, сжатие, сдвиг, резание, истирание и т.д., широкое применение в практике кормоприготовления нашли удар и сжатие.

Однако в большинстве оборудования этим видам деформации сопутствуют другие. Например, в молотковой дробилке наряду с измельчением ударом присутствует истирание, в вальцовом рифленом станке к сжатию присоединяется сдвиг и т.д. В одних случаях это явление является желательным, в других нет, поскольку способствует

переизмельчению.

Выбор способа измельчения определяется рядом факторов, в числе которых вид корма, физико-механические свойства измельчаемого зерна, требования технологии подготовки кормов, зоотехнические требования на корм для различных видов животных.

Свойства измельчаемого материала, определяющие эффективность его измельчения, зависят от температуры и влажности. При сухих методах измельчения влажность оказывает отрицательное влияние, в том числе из-за налипания измельченного продукта на рабочие поверхности.

Дробление свободным ударом используется в *молотковых дробилках* (рис. 3.2).

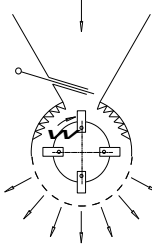
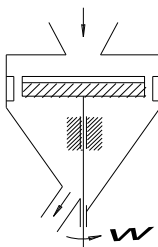
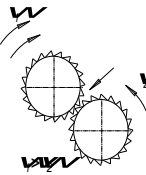
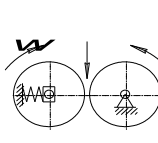
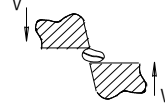
Молотковая дробилка	Ударно-центробежный измельчитель	Вальцовый станок	Плющилка	Измельчитель ИЛС-5
				
Вид воздействия рабочих органов на зерно				
Удар и истирание	Удар	Сжатие, сдвиг и срез	Сжатие	Резание

Рис. 3.2. Рабочие органы, применяемые для измельчения зерна

Кроме разрушения от ударов по зерну молотками, продукт дополнительно измельчается при ударах о стенки камеры, которые выполняют рифлеными. Измельченные частицы просеиваются через сменное решето, размер отверстий в котором определяет модуль помола.

Молотковые дробилки позволяют измельчать фуражное зерно

влажностью до 18-20%. Однако при использовании их для приготовления сеной или травяной муки влажность исходной резки не должна превышать 10-12%.

В основе принципа действия *ударно-центробежных измельчителей* лежит разгон зерна под действием центробежных сил с последующим ударом о движущуюся или неподвижную преграду. Указанные измельчители отличает малая энерго- и металлоемкость. Однако они весьма чувствительны к попаданию в полость измельчителя посторонних предметов, а также к повышению влажности исходного зерна.

Работа *вальцовых станков* основана на сжатии, сдвиге и срезе материала. При вращении пары вальцов их рифленные поверхности затягивают материал в рабочий зазор между собой и разрушают его. Вальцы в паре вращаются с различной частотой, что позволяет разрушать материал деформацией сдвига и препятствует залипанию рифлей. Качество измельчения регулируют, изменяя зазор в вальцовой паре и соотношение окружных скоростей вальцов.

Вальцовые станки работают при влажности зерна 15-16%. При более сухом зерне увеличивается выход мучнистой фракции. На более влажном зерне показатели вальцовых станков резко снижаются: залипают вальцы, уменьшается производительность, возрастают энергозатраты.

Плющение зерна проводят на *плющилках* в рабочем зазоре между двумя гладкими вальцами, вращающимися с одинаковой рабочей скоростью. В некоторых конструкциях плющилок привод от двигателя устроен на один валец, а второй вращается свободно. Регулируют процесс плющения, изменяя расстояние между вальцами.

Плющению подвергается зерно в фазе восковой спелости или прошедшие влаготепловую обработку, при этом его влажность существенно превышает равновесную. Полученные хлопья или должны быть сразу скормлены, или, в случае хранения, обработаны консервантами.

Измельчение зерна по способу резания реализовано в измельчителе, который выполнен в виде концентрически вращающихся навстречу друг другу дисков с режущими элементами. Такой измельчитель отличается малой энергоемкостью, нечувствительностью к влажности материала, однако требует высокого уровня проектирования и изготовления.

Практически все рабочие органы 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 поделаться. 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.

3.2.3. Основные закономерности измельчения зерна ударом

Общая удельная работа, затрачиваемая на рабочий процесс измельчителя ударного действия, может быть выражена в виде следующего энергетического баланса

$$A_{\text{общ}} = A_v + A_s + A_0,$$

где A_v – энергия, рассеиваемая в объеме частиц при их деформировании (т.е. расходуемая на внутреннее трение и нагрев измельчаемого материала);

A_s – энергозатраты на образование новых трещин и поверхностей в измельчаемом материале;

A_0 – энергия, затрачиваемая на износ и нагрев рабочих органов, их деформирование, трение частиц в слое между собой (т.е. их дополнительный нагрев), генерирование рабочими органами воздушного потока (здесь не имеется в виду специально организованный воздушный поток для транспортирования измельченного продукта) и т.д.

Энергозатраты A_0 являются немалыми. Они имеют такой же порядок, как и энергозатраты $A = A_v + A_s$, затрачиваемые непосредственно на измельчение. Их снижение является основной целью при разработке новых к модернизации существующих измельчителей.

Вопрос о полезности энергозатрат A_v является дискуссионным. С одной стороны, они полезны и неизбежны, поскольку без предварительного деформирования частиц не может быть их разрушения. С другой стороны, эти затраты непроизводительны, поскольку напрямую не идут на образование новых поверхностей.

Однако коэффициент полезного действия процесса измельчения определим выражением

$$\eta = \frac{A_s}{A_v + A_s + A_0}.$$

Измельчение зерна ударом можно квалифицировать как процесс

образования новых поверхностей, суммарная площадь которых у измельченного продукта существенно выше. Поэтому в научных исследованиях широко используется понятие *степени измельчения* λ , определяемое как отношение суммарной поверхности частиц продукта после измельчения S_k к суммарной поверхности S_n частиц исходного продукта

$$\lambda = \frac{S_k}{S_n}.$$

При измельчении зернопродуктов, в зависимости от назначения помола, λ составляет до 20 (комбикормовое производство) и даже до 50 (мукомольное производство).

Дополнительно образованная в результате измельчения поверхность составляет

$$\Delta S = S_k - S_n = S_n (\lambda - 1).$$

Практическое определение площадей поверхности частиц проводится 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

$$S = 6 \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{\rho d_i},$$

где M_i – масса i -го класса частиц;

ρ – плотность материала частиц;

d – эквивалентный средний размер i -го класса частиц.

Поскольку измельчение является очень энергоемким процессом, то ученые давно пытаются выявить закономерности и связи затрат энергии со степенью измельчения, конструктивными параметрами измельчающей машины и технологическими свойствами зерна.

Исходной в таких исследованиях обычно берется гипотеза академика П.А. Ребиндера (1928 г), согласно которой затраты энергии A непосредственно на измельчение составляют

$$A = A_v + A_s = K'_v \Delta V + K_s \Delta S,$$

где K'_v , K_s – коэффициенты пропорциональности;

ΔV – объем деформированной части тела.

Рисунок 3.3 поясняет некоторые моменты гипотезы П.А. Ребиндера.

Поскольку деформированный объем ΔV пропорционален всему объему V тела, т.е. $\Delta V = K''_v V$, то окончательно имеем

$$A = A_V + A_S = K_V V + K_S \Delta S, \quad (3.9)$$

где $K_V = K'_V K''_V$.

Хотя выражение (3.6) называют основным законом измельчения, но его невозможно использовать в виде рабочей формулы. Дело в том, что раздельно измерить составляющие A_V и A_S и подтвердить зависимость (3.6) не представляется возможным.

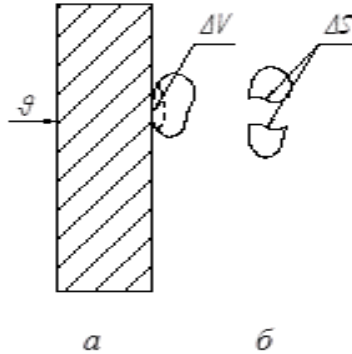


Рис. 3.3. Стадии разрушения единичной зерновки ударом: *а* – деформирование; *б* – собственно разрушение

На основании основного закона измельчения профессор С.В.Мельников получил формулу для расчета затрат энергии на измельчение

$$A = c_1 \lg \lambda^3 + c_2 (\lambda - 1),$$

где c_1, c_2 – коэффициенты пропорциональности, определяемые экспериментально.

Данная формула универсальна, так как позволяет оценивать любой процесс измельчения-дробление, истирание, резание и т. д.

3.2.4. Конструктивные особенности измельчителей ударного действия

Молотковые дробилки выпускаются различными сериями с производительностью от 0,1 до 5,0 т/ч. Рассмотрим конструкции известных и новых конструкций молотковых дробилок.

Безрешетная дробилка ДБ-5 выпускается в двух исполнениях: ДБ-5-1-самостоятельная машина, состоящая из дробилки, загрузочного и выгрузочного шнеков и шкафа управления и ДБ 5-2, предназначенная для работы в поточных линиях комбикормовых предпри-

ятий; укомплектована только укороченным загрузочным шнеком.

Дробилка состоит (рис. 3.4) из дробильной камеры 2, корпуса, бункера 13, разделительной камеры 10, рамы. На раме дробилки установлены основной электродвигатель привода и корпус с ротором, соединенным с двигателем втулочно-пальцевой муфтой. Основные сборочные единицы дробилки крепятся к корпусу.

Ротор установлен в корпусе на подшипниках и состоит из вала с набором дисков и шарнирно качающихся на осях молотков. Диски и распорные втулки на валу удерживаются с помощью гайки. Расстояние между молотками на осях устанавливается с помощью распорных втулок.

В горловинах корпуса расположены разделительная камера и кормопроводы. Для обслуживания камеры предусмотрена откидная крышка.

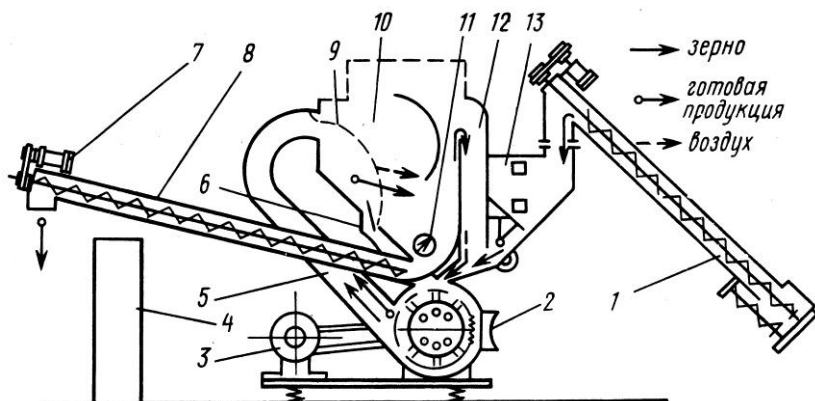


Рис. 3.4. Схема дробилки ДБ-5:

1 - загрузочный шнек; 2 - дробильная камера; 3 - электродвигатель; 4 - электрошкаф и пульт управления; 5 - трубопровод; 6 - возвратный пневмопровод; 7 - двигатель выгрузного шнека; 8 - выгрузной шнек; 9 - сепарирующее решето; 10 - разделительная камера; 11 - шнек дробилки, 12 - обратный канал; 13 - зерновой бункер

Деки установлены на внутренней цилиндрической поверхности корпуса, опираются на секторы и прижимаются к ним болтами. Положение дек относительно дисков ротора регулируют изменением положения секторов с помощью эксцентриков.

Для предотвращения случайного включения дробилки при открытой крышке на корпусе установлен конечный выключатель. В бун-

кере предусмотрены загрузочная и смотровая горловины; в нижней его части установлен привод заслонки, а на наклонной стенке батарея магнитов для улавливания металлических примесей. По вертикали в бункере расположены датчики нижнего и верхнего уровня зерна, посредством которых включается и отключается загрузочный шнек.

Степень загрузки дробилки регулируют поворотом заслонки как от привода, так и вручную рычагом. При ручном управлении контроль за загрузкой ведут по показаниям амперметра. При установившемся режиме рычаги фиксируют.

Разделительная камера служит емкостью, в которой измельченный продукт разделяется на крупную и мелкую фракции. Перегородки в камере образуют каналы: один для возврата воздуха в дробильную камеру и другой для возврата крупной фракции на доизмельчение.

Крупность помола регулируют поворотом заслонки разделительной камеры и сменой сепаратора. Сепаратор устанавливают в зависимости от вида измельченного зерна: для овса с отверстиями диаметром 16 мм, для других культур диаметром 8 мм.

На верхней части камеры крепится тканевый фильтр, предназначенный для частичного сброса циркулирующего в дробилке воздуха. В нижней части камеры установлен шнек для выгрузки из нее готового продукта.

Шкаф управления комплектуется: амперметром контроля загрузки основного двигателя, аппаратурой управления приводами и автоматическим регулятором загрузки дробилки.

Электрическая схема дробилки предусматривает два режима работы: наладочный (с независимым включением и отключением приборов) и рабочий (с включением и управлением приборов в соответствии с технологическим процессом).

В Алтайском ГАУ разработана молотковая дробилка с вертикально расположенной осью барабана, консольного типа.

Она предназначена для измельчения зерновых культур и выполнена в виде устройства, представляющего собой круглый конус 1 с рифлями 2 на внутренней поверхности (рис. 3.5). Внутри конуса располагается ротор 3 с вертикальной осью вращения 4. Стандартные молотки 5 шарнирно закреплены на осях подвеса 6. Ротор приводится во вращение от электродвигателя 7 через гибкую муфту 8. Дробилка имеет загрузочное 9 и выгрузное 10 окна. Все узлы дробилки закреплены на раме 11. Решет дробилка не имеет.

Дробилка практически не пылит. Не боится попадания вместе с зерном камней и других металлических и неметаллических предметов,

которые выводятся через выгрузное окно 10. Дробилка реверсивная, что позволяет использовать обе рабочие стороны молотка без его переустановки путем смены фаз питающего электродвигатель напряжения. Для использования двух других рабочих сторон молотки необходимо установить на другое отверстие. Для этого предусмотрен лёгкий и удобный демонтаж и монтаж ротора.

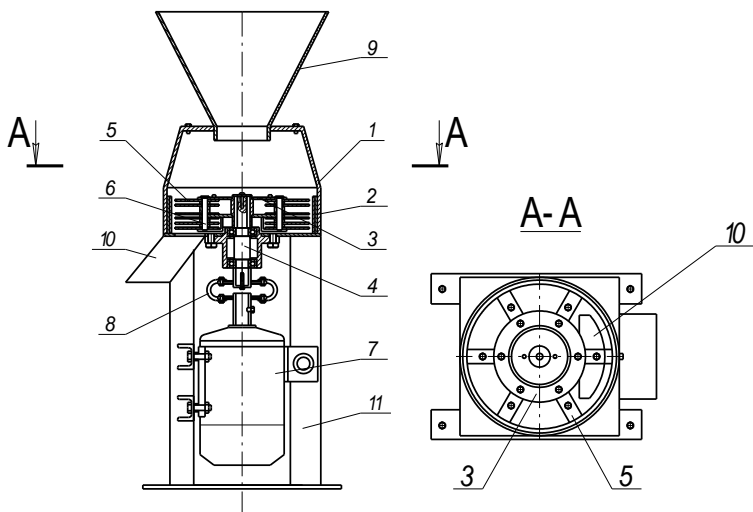


Рис. 3.5. Дробилка с вертикально расположенной осью барабана

Другой важной особенностью дробилки является самобалансировка ее ротора и, соответственно, меньшая виброактивность по сравнению с дробилками с горизонтальной осью ротора. Объяснение этому следует искать в более равномерной загрузке молотков, каждый из которых к тому же выполняет роль автобалансира.

Степень измельчения регулируется подачей исходного материала. Обеспечивается более равномерное дробление зерна по сравнению с обычными дробилками при меньшем выходе мучнистой фракции.

По сравнению с обычными молотковыми дробилками характеризуется в 1,5 раза меньшей металлоемкостью и энергоемкостью, повышенной надежностью.

Ее производительность составляет 1,5-2,0 т/час, что удовлетворяет потребности подавляющего числа коллективных и фермерских хозяйств.

При разработке, испытаниях и сравнительной оценке измельчи-

телей фуражного зерна в числе приоритетных используются два показателя:

- удельная энергоёмкость \mathcal{E} рабочего процесса измельчителя с учетом степени измельчения λ

$$\mathcal{E} = N / (Q \lambda),$$

где N – мощность, потребная при работе измельчителя;

Q – производительность, т/ч.

λ – удельная энергоёмкость процесса измельчения

$$\mathcal{E}_{\text{изм}} = N_{\text{изм}} / Q \lambda,$$

где $N_{\text{изм}}$ – мощность, расходуемая на измельчение (при этом мощность холостого хода не учитывается).

3.2.5. Оборудование для плющения зерна

Плющилки содержат валцы одинаковых диаметров, которые вращаются с одинаковой окружной скоростью и подвергают зерно деформации чистого сжатия. Превращение зерна в хлопья увеличивает его поверхность, что ведет к увеличению усвояемости корма. Однако этим не оканчивается положительные стороны плющения.

По существу следует рассматривать две технологии плющения.

Первая из них предполагает влаготепловую обработку зерна, приводящую к желатинизации крахмала. При этом предполагается гидротермическая обработка исходного сухого зерна водой или паром, при которой его влажность повышается.

Режимы и эффекты влаготепловой обработки приведены в таблице 3.2.

Табл. 3.2. Степень желатинизации крахмала при плющении в зависимости от вида гидротермической обработки (по Г.М. Кукте)

Способ обработки	Давление, МПа	Температура, °С	Экспозиция, мин	Степень желатинизации, %
Замачивание водой	-	15-25	1440	до 20
Обработка паром	0,03-0,06 0,3-0,5	90-95 110-125	15-20 3-5	40-45 50-60

С увеличением влажности зерна до 25-30% усилие на его раздавливание уменьшается в несколько раз. Однако при этом возникает нежелательное явление, связанное с прилипанием расплющенного

зерна к рабочей поверхности валков. Последние приходится оснащать чистиками.

При влажности зерна более 24-26% на нем много поверхностной влаги, что ведет к уменьшению коэффициентов трения и ухудшению захвата зерна валками.

Влажное зерно после сжатия способно к некоторому восстановлению толщины (явление обратной ползучести). Хлопья запаренного ячменя, например, увеличивают свою толщину в 2,0-2,1 раза (по отношению к зазору между вальцами). Толщина хлопьев после охлаждения должна быть в пределах 0,8-1,0 мм.

По различным данным, по сравнению с дроблением на молотковых дробилках, плющение позволяет уменьшить удельный расход зерна в рационах на 6-12%. Не следует, однако, забывать, что повышение эффективности использования корма достигается в этом случае возрастанием затрат тепловой и механической энергии на его переработку.

Вторая технология использования плющения обусловлена заготовкой консервированного плющенного зерна, убранного в период молочно-восковой спелости (влажность 30-35%).

Консервирование плющенного зерна имеет следующие достоинства по сравнению с другими способами заготовки кормов:

- питательная ценность зерновых в период молочно-восковой спелости наивысшая, поэтому с одного га площади заготавливают на 10% больше питательных веществ;
- урожай собирают на 2-3 недели раньше обычных сроков, что важно для регионов с неустойчивым климатом;
- исключается сушка зерна и его предварительная очистка.

Плющение зерна может осуществляться как прямо в поле так и возле хранилища или внутри его. Обработка консервантами проводится прямо в хранилище. Хранение обработанного зерна осуществляется в герметичных траншеях с облицовкой стен и верха полиэтиленовой пленкой.

Полученный таким способом корм готов к употреблению, имеет высокую питательную ценность, хорошо поедается и усваивается всеми видами животных, в том числе молодняком. Эффект от его использования примерно такой же как при использовании пророщенного плющенного зерна.

Основными конструктивными параметрами плющилок являются: диаметр и длина вальцов, окружная скорость вальцов, давление пружин на валок.

Диаметр вальцов определяется размером частиц B продукта, величиной установленного зазора между вальцами B_1 и величиной угла трения φ продукта по рабочей поверхности вальцов (рис.3.6).

Значение радиуса вальцов можно определить так. Пусть мы имеем два гладких вальца радиусом R (рис.3.6 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).

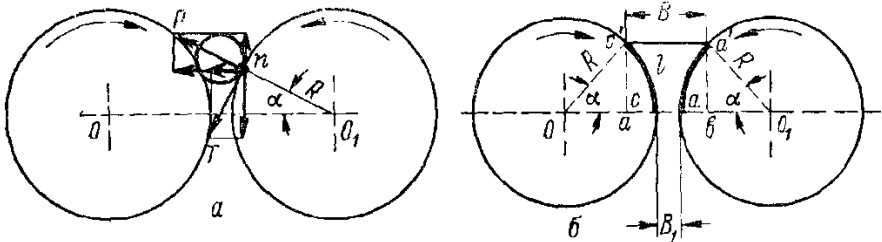


Рис. 3.6. К анализу рабочего процесса вальцов

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

$$T \cos \alpha = fP \cos \alpha,$$

где α - угол захвата, составленный направлением реакции силы P и линией центров OO_1 .

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

Очевидно, что для захвата частицы вальцами необходимо условие

$$2fP \cos \alpha > 2P \sin \alpha,$$

откуда $f \cos \alpha > \sin \alpha$, или $f > \operatorname{tg} \alpha$.

Так как $f = \operatorname{tg} \varphi$, то можно записать

$$\operatorname{tg} \varphi > \operatorname{tg} \alpha.$$

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

Зависимость между размерами частиц продукта, радиусом вальцов и углом трения может быть определена следующим образом (рис.3.6 б).

Обозначим начальный размер частицы продукта через B , а зазор между вальцами B_1 .

Тогда можно написать, что

$$OO_1 = R \cos \alpha + R \cos \alpha + B = R + R + B_1,$$

откуда $2R \cos \alpha + B = 2R + B_1$.

Из этого уравнения находим радиус вальцов

$$R = \frac{B - B_1}{2(1 - \cos \alpha)}.$$

Но так как угол α не должен превышать угла трения φ , т.е. в пределе будет $\alpha = \varphi$, отсюда получим минимально необходимый диаметр вальцов

$$D_{\min} = \frac{B - B_1}{1 - \cos \alpha}.$$

Это указывает на существование прямой зависимости между D_{\min} вальцов и начальным размером частиц продукта, т.е. чем больше B , тем больше должен быть D_{\min} вальцов. Влияние же зазора между вальцами B_1 и угла трения φ частиц продукта обратное, т.е. чем больше эти величины, тем меньше может быть радиус вальцов.

Остальные конструктивные параметры вальцов теоретически определить трудно. В результате экспериментальных исследований, проведенных учеными Украины, были рекомендованы такие значения для серийно выпускаемой плющилки ПЗ-3 производительностью 3-5 т/час:

диаметр вальцов – 350...450 мм;

длина вальцов – 500...600мм;

окружная скорость вальцов – 8,0...8,5 м/с;

давление пружин на валец 42...50 кН.

В качестве примера рассмотрим устройство агрегата ПЗ-3А для приготовления хлопьев из зерна. Он предназначен для переработки в хлопья различных видов фуражного зерна и зерносмесей путем гидротермической обработки и плющения. Влажность перерабатываемого зерна для злаковых до 18%, для кукурузы – до 25%.

Применяется в линиях переработки фуражного зерна кормоприготовительных цехов, может использоваться как отдельная зернопере-

рабатывающая машина на откормочных и молочных фермах, имеющих в качестве источников парообразования котлы Д - 721 или КВ - 300 М.

Агрегат для приготовления хлопьев из зерна ПЗ-3А обеспечивает его влаготепловую обработку и плющение. Состоит из плющилки (рис. 3.7), пропаривателя 5, загрузочного 1 и выгрузного 8 шнеков, эжектора 3, шкафа управления и системы вентиляции. Плющилка состоит из рамы, неподвижного и подвижного вальцов, механизмов перемещения и регулировки зазора между ними и механизма отсчета, показывающего зазор между вальцами. Вальцы приводятся во вращение индивидуальными электродвигателями через клиноременную передачу. Подвижный валец перемещается в рабочее положение поворотом рычага механизма перемещения.

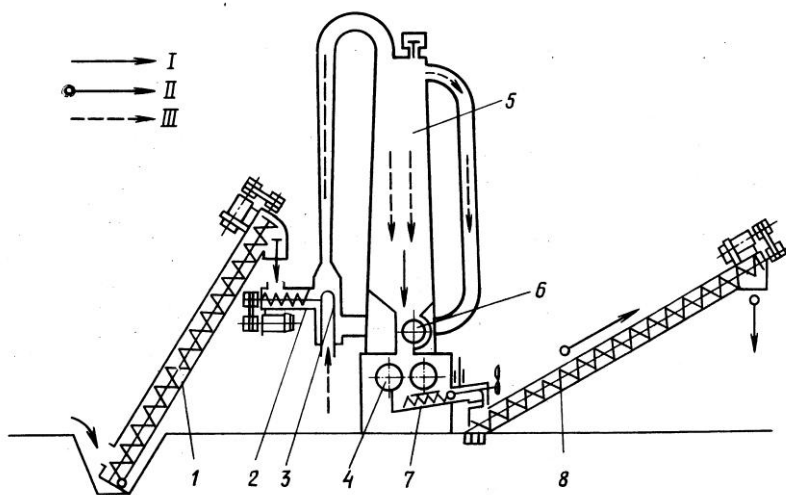


Рис. 3.7. Схема технологического процесса агрегата ПЗ-3А: 1 — загрузочный шнек; 2 — шнек-эжектора; 3 — эжектор; 4 — плющилка; 5 — пропариватель; 6 — дозатор; 7 — шнек плющилки; 8 — шнек выгрузной; I — зерно; II — хлопья; III — пар

Пропариватель предназначен для влаготепловой обработки зерна и состоит из дозатора, нижнего и верхнего корпусов, представляющих собой емкость, соединенную болтами, эжектора, смесительной камеры и двух паропроводов для подачи пара в емкость пропаривателя и возврата отработанного пара в эжектор.

Технологический процесс протекает следующим образом. Зерно

из завальной ямы шнеками загрузки 1 и 2 подается в эжектор 3, где его подхватывает струя пара и перемещает в пропариватель 5.

Обработанное зерно дозатором направляется на вальцы плющилки 4, а готовые хлопья эвакуируются выгрузными шнеками 7 и 8. Пропариватель работает при температуре пара 363...383 К и давлении 0,05...0,07 МПа. Расход пара составляет 350 кг/ч. Конечный продукт представляет собой хлопья влажностью 14...20% и толщиной 0,77...1,2 мм; время хранения их не более 5...6 ч.

Для параметров пара, используемых на животноводческих фермах (0,04-0,06 МПа), экспозиция не должна быть менее 15 мин. Поэтому вместимость V шахты для зерна должна быть согласована с производительностью Q плющилок и может быть определена соотношением:

$$V = \frac{Qt}{\rho},$$

где t – экспозиция обработки зерна паром в шахте плющилки;
 ρ – насыпная плотность зерна.

При малой экспозиции 5-7 мин агрегат работает как дробилка, поскольку желатинизации крахмала почти не происходит.

Агрегат ПЗ-3-11 предназначен для плющения влажного консервированного или поступающего от уборочных машин зерна основных фуражных культур. По устройству и принципу работы он аналогичен ПЗ-3А.

3.3. Измельчение грубых и сочных кормов

3.3.1. Зоотехнические требования

Грубые корма содержат не более 22% влаги и 0,65 кормовых единиц в 1 кг сухого вещества. К грубым кормам относят сено, солому, отходы переработки зерновых, масличных, лубяных и других технических культур.

Значение грубых кормов в питании различных сельскохозяйственных животных неодинаково. Грубые корма наиболее полно используются жвачными животными. Это обусловлено особенностями строения их пищеварительных органов. В небольших дозах грубые корма дают также свиньям и птице. Они содержат большое количество труднопереваримой клетчатки (до 40%), вследствие чего без предварительной подготовки плохо поедаются животными. Для повышения поедаемости их подвергают механической и тепловой обработке. Биологические и химические способы обработки грубых кормов позволя-

ют повысить не только поедаемость, но также переваримость и питательность.

Сено хорошего качества коровам и овцам можно скармливать без подготовки, но условия механизации раздачи кормов требуют его измельчения.

Солома, сено низкого качества и другие грубые корма подвергают измельчению с целью повышения поедаемости и создания условий, необходимых для осуществления последующих технологических операций.

Поедаемость соломы жвачными выше при условии ее расщепления вдоль волокон при длине частиц не менее 10-15 мм, т.е. при получении продукта мякинообразного вида. Более мелкое измельчение соломы в частности в муку вредно, т.к. переваримость ее жвачными животными не увеличивается, а жирность молока снижается.

Измельченные грубые корма имеют удовлетворительную сыпучесть, их удобно загружать и выгружать из запарников, вести дальнейшую обработку, смешивать с другими компонентами.

При измельчении соломы и сена размер резки должен быть для крупного рогатого скота 40...50 мм, лошадей – 30...40 мм, овец – 20...30 мм. Более мелкую резку (6...10 мм) готовят, если в дальнейшем ее смешивают с сочными кормами. При измельчении грубостебельных кормов (полынь и др.) для каракульских овец длина частиц должна быть 3...9 мм.

При производстве травяной муки для свиней и птицы высушенную траву подвергают измельчению до размеров частиц менее 1 мм.

С целью повышения эффективности использования питательных веществ грубых кормов соломенную или сенную резку смешивают с другими видами кормов (корнеплоды, силос, концентраты, кормовые дрожжи и др.).

К сочным кормам относят корнеплоды, картофель, зеленый корм, силос, плоды бахчевых культур, свежую капусту, водоросли.

Корнеплоды и картофель подвергают мойке, резке и смешиванию. Корнеплоды рекомендуется скармливать коровам в цельном виде (кроме мелких), а свиньям и птице – в измельченном. Толщина резки корнеплодов при скармливании крупному рогатому скоту должна быть 10...15 мм, телятам – 5...10, свиньям – 5...10, птице – 3...4 мм.

Фактическая загрязненность корнеклубнеплодов может достигать 12 – 20% , после мойки она не должна быть выше 2%.

Картофель скармливают крупному рогатому скоту сырым в измельченном виде, а свиньям – вареным в виде смеси с концентратами

и травяной мукой. Вареный картофель перед скармливанием мнут на картофелемялке. Размеры неразрушенных частиц не должны превышать 10 мм, и число таких частиц допускается не более 5 % от общей массы.

Все корнеклубнеплоды требуется готовить непосредственно перед скармливанием (не ранее чем за 2 часа) во избежание порчи.

При приготовлении комбинированного силоса для свиней и птицы корнеплоды и картофель силосуют в смеси с измельченными зелеными кормами и травяной мукой. При этом картофель, как правило, предварительно варят и мнут. Если же его силосуют в сыром виде, то измельчают на частицы толщиной не более 5...7 мм. Для скармливания пороссятам корнеплоды и силос измельчают наиболее тонко, до получения пасты.

3.3.2. Рабочие органы измельчителей грубых и сочных кормов

Наибольшее применение при измельчении грубых кормов нашли следующие три типа измельчающих рабочих органов для кормов (рис. 3.8): ножевые, штифтовые, молотковые.

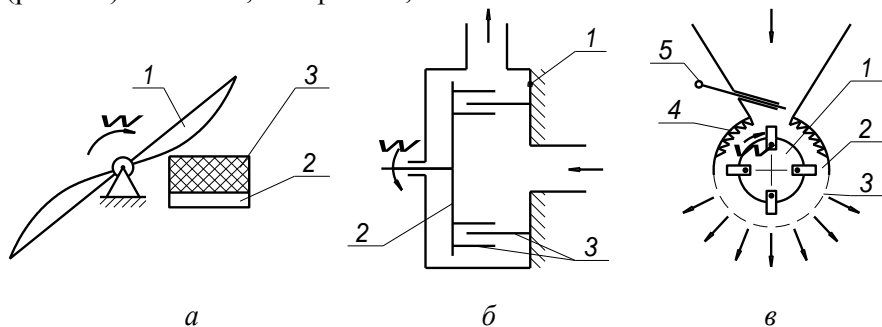


Рис. 3.8. Рабочие органы измельчителей:

а – ножевые: 1 – нож; 2 – противорежущая пластина; 3 – измельчаемый материал; б – штифтовые: 1 – неподвижный диск; 2 – подвижный диск; 3 – штифты; в – молотковые: 1 – диск; 2 – молоток; 3 – решето; 4 – дека; 5 – регулирующая заслонка

Достоинством ножевых рабочих органов является малый удельный расход энергии, возможность измельчать корма любой влажности. Этот тип рабочих органов применяется для измельчения грубых кормов, корнеплодов. Недостаток: резка получается с острыми краями, нет продольного расщепления стеблей.

Штифовые рабочие органы применяются для измельчения грубых кормов путем излома, разрыва, расщепления вдоль волокон. Их преимущество перед другими в том, что они измельчают стебли не только поперек но и вдоль волокон. Корм в таком виде хорошо запаковывается и охотно поедается животными. Недостатки: повышенная энергоемкость, неудовлетворительная работа на кормах влажностью более 20..25%.

Молотковые рабочие органы являются универсальными: могут измельчать все виды кормов. Измельчение происходит очень мелкое, что не всегда требуется. Тем не менее молотковые измельчители незаменимы при производстве травяной, сеной или соломенной муки, когда требуется размер частиц не более 1-3 мм.

Для приготовления сочных кормов используют корнеклубнемойки, корнерезки, измельчители корнеклубнеплодов и кормоприготовительные агрегаты.

Отделение камней, частиц грязи от кормовой массы выполняют специальные устройства различного конструктивного исполнения. Наиболее эффективно этот процесс протекает в воде, где камни, имеющие удельную массу значительно большую, чем у корнеклубнеплодов, оседают на дно ванны, а продукт выводится из устройства.

В настоящее время для обработки корнеклубнеплодов, кроме отдельных машин, используются комбинированные машины и агрегаты, которые выполняют две технологические операции и более, обеспечивая поточность и высокое качества приготовления кормов.

3.3.3. Основы теории резания

Резание – один из видов измельчения, связанный с применением лезвия. При резании уменьшается линейный размер материала, увеличивается число новых частиц и их суммарная площадь боковой поверхности.

Для резания характерно образования плоских поверхностей, частиц более или менее правильной формы (пластинки, параллелепипеды, кубы и т.д.)

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, в частности важное значение здесь имеет характер движения ножа относительно перерезаемого продукта.

В зависимости от этого фактора резание разделяют на рубящее и скользящее.

При *рубящем резании* лезвие перемещается относительно продукта перпендикулярно режущей кромке, при *скользящем резании* – под некоторым углом к режущей кромке лезвия.

Рассмотрим сначала рубящее резание, для чего воспользуемся схемой (рис. 20). При нем вектор скорости внедрения ножа в материал перпендикулярен кромке лезвия.

Внедрению предшествует уплотнение и деформирование материала, возникновение в нем контактных напряжений, имеющих максимальное значение перед кромкой лезвия. Когда контактные напряжения достигают некоторой предельной величины, происходит разделение продукта на части.

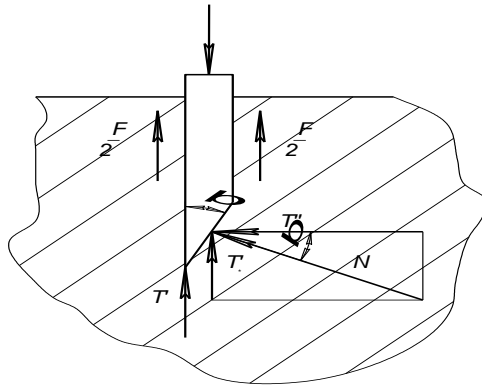


Рис. 3.9. Схема внедрения ножа в материал

Сопротивление внедрению ножа обусловлена следующими силами:

T' – сила, представляющая собой сопротивление разрушаемого материала и действующая на кромку лезвия;

T^* – сила, связанная с сопротивлением слоя сжатия фаской лезвия;

F – равнодействующая сил трения, действующих на обе грани ножа (силу трения на фаске ножа не учитываем).

Силу T' можно определить как произведение площади кромки ножа на разрушающее контактное напряжение σ_p :

$$T' = d \cdot l \sigma_p,$$

где d, l – толщина режущей кромки и длина лезвия;

Сила T'_* обусловлена сопротивлением слоя сжатию фаской лезвия и может быть выражена через силу T'' обжатия ножа (см. рис.3.9)

$$T'_* = T'' \operatorname{tg} \beta, \quad (3.10)$$

где β – угол заточки ножа.

В момент начала резания сила P , приложенная к ножу, должна преодолеть равнодействующую всех сил, действующих в вертикальном направлении, т.е.:

$$P = T' + T'_* + F = T' + T'' \operatorname{tg} \beta + F. \quad (3.11)$$

Рассмотрим далее скользящее резание, при котором лезвие внедряется в материал под некоторым углом τ (рис.3.10, а), называемым углом скольжения.

Скорость ножа v в этом случае можно разложить на нормальную v_n и тангенциальную v_t составляющие. Угол τ , таким образом, составляют векторы \bar{V} и \bar{V}_n .

Боковое скольжение ножа приводит к новым явлениям в процессе резания: *трансформации кромки лезвия ножа, его угла заточки и сил трения.*

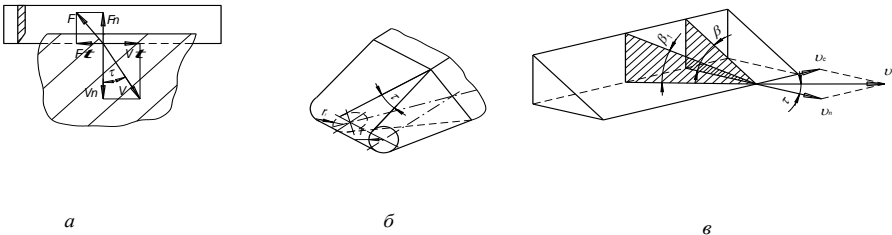


Рис. 3.10. Схема скользящего резания (а) и возникающие при нем явления: б – трансформация кромки лезвия; в – трансформация угла заточки ножа

Первое явление заключается в следующем. Кромка лезвия представляет собой продольный отрезок круглого цилиндра (это обнаруживается при рассмотрении кромки под сильным увеличением). Таким образом, в поперечном сечении она имеет очертание дуги окружности радиуса r (см. рис.3.10, б).

Острота лезвия измеряется величиной удвоенного радиуса кривизны кромки, т.е. $\delta = 2r$. При скользящем резании сечение кромки в направлении движения любой его точки в материал трансформирует-

ся, приобретая форму продольного отрезка эллиптического цилиндра. Контур этого отрезка представляет собой дугу острой вершины эллипса радиусом r_1 . В научных работах по резанию доказано, что $r_1 = r \cos \tau$, что означает

$$\delta_1 = \delta \cos \tau. \quad (3.12)$$

Соппротивление разрушению материала при этомрезко уменьшается.

Второе явление иллюстрирует рисунок 3.10, в. При проникновении лезвия в материал по направлению, перпендикулярному режущей кромке, угол заточки будет составлять угол β . При скользящем проникновении под углом τ к нормали, угол заточки должен быть замeрен по данномунаправлению. Этот угол составляет β_1 , причем $\beta_1 < \beta$. Элементарным геометрическим анализом можно установить связь этих углов

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{tg} \beta \cos \tau, \quad (3.10)$$

или

$$\beta_1 = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \beta \cos \tau).$$

Третье явление, заключающееся в трансформации сил трения, объясняется тем, что сила трения \bar{F} всегда действует по линии вектора скорости \bar{V} и, следовательно, отклонена от нормали на угол τ (см. рис.10, а).

Легко видеть, что внедрению лезвия в материал по линии нормали противостоит в данном случае не полная сила трения F , а лишь ее часть F_n , определяемая из выражения

$$F_n = F \cos \tau. \quad (3.13)$$

Иными словами, явление трансформации сил трения заключается в том, что часть силы трения преодолевается при касательном движении лезвия, чем облегчается его проникновение в толщу материала. Этим явлением объясняется наличие чистого и ровного среза материала при его резании со скольжением.

Таким образом, для внедрения ножа в материал при скользящем резании необходима сила

$$P_1 = T_1 + F_n = (T' + T'' \operatorname{tg} \beta + F) \cos \tau. \quad (3.14)$$

Сопоставление усилий при рубящем и скользящем резании дает

результат

$$\frac{P_1}{P} = \cos \tau \leq 1.$$

Таким образом, дополнительное боковое движение ножа снижает усилия, необходимые для резания материалов.

По различным экспериментальным данным в зависимости от измельчаемого материала оптимальные значения τ_{opt} угла скольжения располагается в промежутке 20-60°.

Скользящее резание может быть осуществлено различными способами (рис.3.11): а) при помощи вибраций ножа; б) установкой ножа под углом χ к противорежущей пластине; в) расположением оси вращения ножа выше линии режущей кромки противорежущей пластины, а также выполнением режущей кромки по некоторой кривой, что характерно для вращательных рабочих органов.

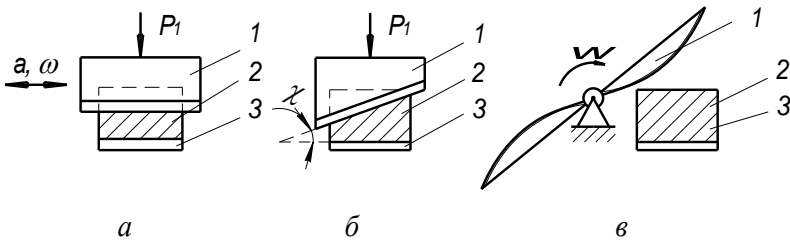


Рис. 3.11. Виды резания со скольжением:

а) вибрационное; б) наклонное; в) плосковращательное: 1 – нож, 2 – перерезаемый материал; 3 – противорежущая пластина

Соответственно различают вибрационное, наклонное и плоско-вращательное виды резания.

3.3.4. Конструктивные особенности измельчителей грубых и сочных кормов

Измельчитель кормов ИКВ-5А «Волгарь-5» (рис. 3.12) состоит из подающего 8 и уплотняющего 3 транспортеров, аппаратов первичного 2 и вторичного 10 резания, натяжного устройства подающего транспортера 9, натяжных звездочек 5, 6, 7 и автомата отключения 11.

Подаваемый из кормоприемника-питателя корм располагается (или укладывается вручную) ровным слоем на подающем транспортере 8, уплотняется натяжным транспортером 3, а затем направляется в

аппарат первичного резания. Ножевой барабан 2 предварительно измельчает массу до размеров частиц резки 20...80 мм. Спиральные ножи барабана в сечении имеют Г-образную форму, их лезвия описывают окружность диаметром 450 мм.

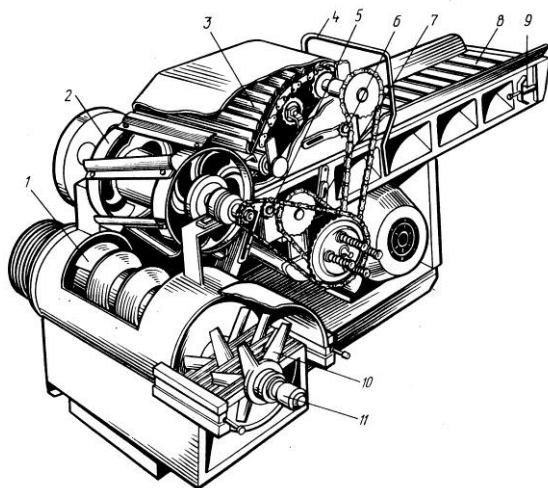


Рис. 3.12. Измельчитель кормов ИКВ-5В «Волгарь-5»:

1 – шнек; 2 – аппарат первичного резания; 3 – уплотняющий транспортер; 4 – скоба управления; 5, 6, 7 – натяжные звездочки; 8 – подающий транспортер; 9 – натяжное устройство подающего транспортера; 10 – аппарат вторичного резания; 11 – автомат отключения

На барабане установлено 6 ножей с углом заточки $35^{\circ}40'$ 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.

Измельченный режущим барабаном корм падает на шнек 1 и направляется им в аппарат вторичного резания, состоящий из 9 подвижных и 9 неподвижных ножей. Этот аппарат измельчает корм до фракции размером 2...10 мм. Готовый корм выбрасывается через нижнее окно в корпусе измельчителя на транспортер, расположенный в приемке.

Аппарат вторичного резания устроен следующим образом. В желобе по всей ширине корпуса измельчителя расположен шнек диаметром 440 мм, имеющий на концах консольные валы. На консольный вал со шпоночной канавкой со стороны выхода продукта надета втулка с шлицевой наружной поверхностью. На шлицеванную часть этой

втулки надеты чередующиеся подвижные (со шлицами) и неподвижные (без шлиц) ножи. Последние своими наружными концами закреплены на неподвижных планках на корпусе.

Таким образом, многоножевой дисковый режущий аппарат щелевого типа осуществляет двухопорное резание ножами с П-образной режущей кромкой и углами заточки, равными 90° . Этот аппарат более энергоемкий по сравнению с соломосилосорезкой, но он позволяет получить тонкое измельчение и более равномерный гранулометрический состав частиц.

«Волгарь-5» может работать по трем технологическим схемам – измельчение корма для крупного рогатого скота, для свиней и для птицы. При измельчении грубых и сочных кормов для крупного рогатого скота в работу включают только аппарат первичного резания. Необходимую крупность частиц для свиней и птицы достигают путем изменения угла установки лезвия первого подвижного ножа аппарата вторичного резания относительно конца витка шнека. При измельчении корма для птицы этот угол должен быть 9° (по направлению вращения ножей), а для свиней – 54° (против направления вращения). Все последующие ножи располагают по спирали через 72° против направления вращения ножей.

Измельчитель грубых кормов ИГК-30Б (рис. 3.13) является модернизированной моделью измельчителя ИГК-30 и по сравнению с последним имеет большую производительность, измельчает солому повышенной влажности (до 30%) и обеспечивает более высокое качество измельчения. Измельчитель может применяться в поточных линиях кормоцехов.

Машина состоит из рамы, питающего транспортера, измельчающего аппарата, поворотного дефлектора и электродвигателя мощностью 30 кВт.

Питатель состоит из горизонтального 11 и наклонного уплотняющего 10 транспортеров, обеспечивающих механизацию загрузки корма в машину. Измельчающий аппарат - штифтового типа. Штифты в поперечном сечении имеют клиновидную форму и установлены заостренной гранью вперед по ходу движения, что позволяет осуществлять более интенсивное рубящее действие.

Измельчитель-камнеуловитель-мойка ИКМ-Ф-10 (рис. 3.14) предназначен для очистки корнеклубнеплодов почвы и камней, их мойки и измельчения на частицы размером до 10 мм (для свиней) или ломтики толщиной до 15 мм (для крупного рогатого скота). Измельчитель агрегируется с транспортерами-питателями ТК-5 или ТК-5Б, а

также может быть использован как самостоятельная машина при установке в утепленных помещениях, оборудованных водопроводом и простейшей системой канализации.

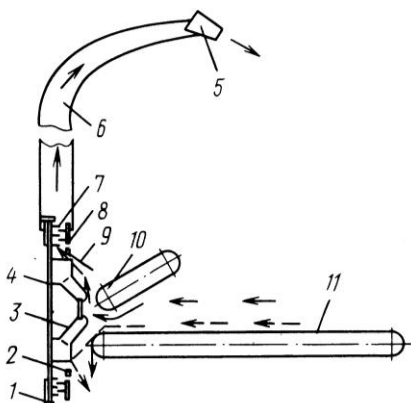


Рис. 3.13. Схема измельчителя грубых кормов ИГК-ЗОб:

1 – лопатки; 2 – отражатель; 3 – лопасти ротора; 4 – подвижный диск; 5 – регулируемый козырек; 6 – поворотный дефлектор; 7 – штифты; 8 – неподвижный диск; 9 – приемная камера; 10, 11 – горизонтальный и наклонный уплотняющие транспортеры

Измельчитель ИКМ-Ф-10 имеет три рабочих органа: моечный шнек; измельчающий аппарат дискового типа; транспортер, приводимый в работу от мотора-редуктора.

Рабочий процесс протекает следующим образом. Ванну заполняют водой до уровня, который поддерживается сливным патрубком на кожухе выгрузного транспортера. Корнеклубнеплоды транспортером-питателем подают в моечную ванну, где их отмывают вихревыми потоками воды, создаваемыми крыльцом, и освобождают от камней. Далее корнеклубнеплоды поступают на шнек и вторично отмываются от грязи встречным потоком воды в шнеке, затем по откидному направляющему кожуху отбрасываются в камеру измельчения. Измельчающий аппарат состоит из литого корпуса и двух дисков. На верхнем диске закреплены два горизонтальных ножа, а на нижнем – четыре вертикальных. Оба диска установлены на валу электродвигателя. Переходник (коробка), соединяющий шнек с измельчителем, имеет крышку, которая в случае забивания измельчителя кормом отклоняется и предохраняет шнек от поломок.

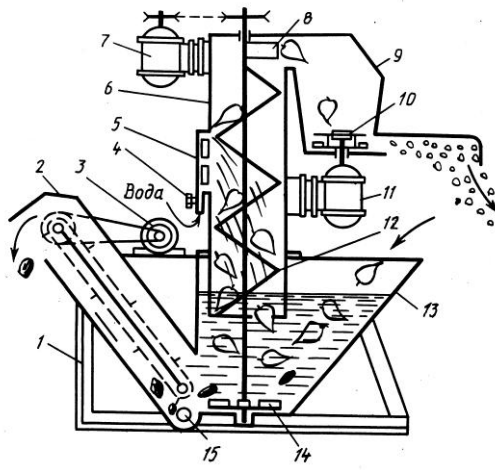


Рис. 3.14. Схема измельчителя корнеклубнеплодов ИКМ-Ф-10:
 1 – рама; 2 – транспортер; 3, 7, 11 – электродвигатели; 4 – вентиль; 5 – душевое устройство; 6 – кожух; 8 – выбрасыватель; 9 – крышка измельчающего аппарата; 10 – измельчающий аппарат; 12 – шнек мойки; 13 – ванна; 14 – диск-крылач; 15 – люк

Степень измельчения регулируют изменением частоты вращения режущих дисков. С этой целью измельчитель оборудован двухскоростным электродвигателем.

3.4. Прессование кормов в гранулы и брикеты

3.4.1. Зоотехнические требования и технология производства прессованных кормов

Если прессование сено-соломистых материалов (с последующей обвязкой тюков и рулонов) известно еще с 18 века, то гранулирование и брикетирование кормов, как разновидности прессования, появились лишь в 20 веке.

Было выявлено, что гранулирование и брикетирование по сравнению с традиционными способами заготовки кормов имеют следующие преимущества:

- снижают потери питательных веществ при хранении;
- способствуют улучшению усвояемости грубых кормов, а также уменьшают отходы при их подготовке;
- уменьшают потери кормов при кормлении и снижают их расход на единицу продукции;

- облегчают механизацию и автоматизацию раздачи кормов;
- повышают культуру производства.

Прессование в гранулы или брикеты осуществляется в зависимости от назначения и гранулометрического состава кормов и кормовых смесей. *Гранулы* – это спрессованные до плотности 800...1300 кг/м³ в цилиндрические или фигурные кусочки толщиной или диаметром до 25 мм кормовые компоненты или смеси, измельченные в муку. *Брикеты* – это спрессованные грубые корма (травяная или соломенная резка) и кормовые смеси, включающие грубые корма, с размером частиц 20...70мм, сформированные в цилиндрическую, диаметром до 65 мм, или другую форму с наибольшими размерами 80 мм, плотностью 500...900 кг/м³. Плотность брикетов, предназначенных для последующей переработки или закладываемых на хранение сроком свыше двух месяцев, установлена в пределах 700... 1200 кг/м³, крошимость гранул и брикетов – не более 12 и 15%.

Крошимость характеризует степень связанности частиц, составляющих гранулы или брикеты. За характеристику крошимости принята относительная величина, определяемая из выражения

$$K = \frac{m}{M} \cdot 100\%$$

где m – масса крошки, отошедшей после испытания гранул или брикетов на крошимость;

M – начальная масса образцов корма.

Испытания на крошимость проводят во вращающемся сетчатом барабане прямоугольного сечения. За счет ударов о барабан часть образцов разрушается и образовавшаяся крошка сразу же выводится из барабана, проходя через ячейки сетчатого барабана.

В соответствии с действующими требованиями 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. Диаметр брикетов для крупного рогатого скота 30...65 мм; размер брикетов прямоугольной формы 60×50 мм.

Требуемое качество гранул и брикетов определяется их плотностью, прочностью и крошимостью, которые зависят от влажности материала, гранулометрического или фракционного состава, температуры и давления прессования.

Исходная смесь кормов для уплотнения должна быть однород-

ной 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%.

Гранулометрический состав корма при гранулировании или фракционный состав при брикетировании обусловлена значением корма. Остальные факторы - влажность и температура - сообщаются корму при подготовке его к прессованию. Эту операцию называют *кондиционированием* материала.

Так, для нормального протекания процесса гранулирования травяной муки или комбикормовых смесей оптимальное значение влажности составляет 15...16%, температуры 60...70°С. При этом достигаются наименьшие значения коэффициентов внешнего трения, покоя и движения, которые снижаются при увеличении давления. В данном случае под действием внешних сил при указанных влажности и температуре увеличивается пластическая деформация частиц, а выжимаемая влага играет роль смазки. Под действием пара при кондиционировании комбикормовая смесь увлажняется с 12...14 до 15... 17 %, частицы измельченного зерна приобретают определенную вязкость и пластичность, в процессе прессования масса нагревается до 75...90 °С, происходит частичная декстринизация крахмала зерна. 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). Допустима обработка паром с давлением 0,07 МПа, однако при этом производительность гранулятора и качество гранул снижаются.

Внутриклеточная влага при влажности массы свыше 16 % делает частицы упругими, и они хуже спрессовываются. Поэтому экспозиция увлажнения перед прессованием должна быть меньше времени проникновения влаги в материал, т. е. набухания частиц. Поверхностная влага способствует лучшему сближению частиц и их уплотнению, особенно при кондиционировании паром или при наличии устройств активного перераспределения увлажнителя.

Производительность пресс-грануляторов зависит от степени размола компонентов. Так, при уплотнении комбикорма со средним размолом (остаток на ситах: 3 мм – 5...10 %, 5 мм – нет) производи-

тельность на 10..15 % выше, чем при уплотнении комбикорма крупного размола.

Несколько иная основа получения брикетов из стебельных материалов, так как действие сил молекулярного притяжения при крупном измельчении проявляется незначительно. Кормовая масса удерживается в брикете в основном за счет сил механического сцепления как следствие переплетения частиц. При брикетировании стебельной массы с длиной частиц менее диаметра камеры ($\ell < d$) брикеты менее прочны, чем в случае $\ell > d$. Прочность брикетов зависит от продолжительности релаксации напряжении в зоне нагрузок. У бобовых, например, период релаксации меньше (23 с), чем у злаковых (27 с), что объясняет причину лучшего брикетирования бобовых трав. При нагреве брикетируемой массы до 70...80°C период релаксации уменьшается почти вдвое.

Для нормального уплотнения кормов в гранулы или брикеты необходимо равномерное сжатие массы в фильерах и пресс-камерах, что обуславливает определенную связь между показателем крошимости и их размерами. Этим объясняется трудность получения прочных гранул диаметром более 20 мм. Крошимость гранул и брикетов возрастает также по мере их охлаждения и зависит от способа кондиционирования.

Приготавливать гранулы можно и окатыванием мучнистых кормов в шарики при влажности массы 30...35 %. Однако широкого распространения этот способ не получил, так как компоненты должны быть тонкого размола, а полученные гранулы нужно сушить для снижения их влажности до 12... 14 %, что усложняет технологический процесс.

При уплотнении смесей из плохо прессуемых компонентов (овса, ячменя, кукурузы) для придания гранулам и брикетам необходимой прочности добавляют жир, *связующие вещества* (СВ), например бентониты, мягкий фосфат и каолин, до 24 кг/т. Применение различных СВ позволяет получить прочные брикеты меньшей плотности (500...600 кг/м³), что дает возможность скармливать их животным непосредственно без дополнительной подготовки.

Кроме указанных, в качестве связующих веществ можно применять органические углеводосодержащие вещества, такие, как мелассу, соленый гидрол, крахмал и другие. Экспериментально установлено, что применение связующих веществ на 20...40 % уменьшает крошимость гранул и брикетов и, как правило, повышает их кормовую цен-

ность.

При уплотнении в брикеты травяной резки или кормовых смесей, включающих измельченные грубые корма в виде резки, влажность исходного продукта должна быть 12...13 %, а при подаче в камеру пресса – увеличена до 15... 17 % за счет поверхностного увлажнения продукта водой, раствором СВ или паром; на выходе из пресса влажность брикетов должна быть 14...15 %, температура 60... 70 °С. При этом брикеты после снятия нагрузки увеличиваются в объеме за счет упругих деформаций. Процесс этот продолжается в основном в пределах 15 мин.

Содержание питательных веществ, в частности каротина, после трех месяцев хранения в брикетированной травяной резке на 11 % выше, чем в гранулах, и на 18% больше, чем в рассыпной резке. При увеличении сроков хранения свыше 5 месяцев потери каротина в брикетах и рассыпной резке возрастают и превышают потери в гранулах.

Для получения требуемой прочности полнорационных гранул и брикетов влажность исходных прессуемых компонентов (в том числе и соломы) должна быть не выше 14... 15 %. При увеличении доли соломы более

35... 40 % следует применять соответствующие технологические приемы, например кондиционирование смеси паром или введение связующих веществ (мелассы, гидрола, карбамида) в допустимых дозах. Плотность брикетов из бобовых трав (люцерны) можно регулировать добавлением измельченной соломы влажностью 14...15% в количестве до 10...20 %. При влажности свыше 17% брикеты при хранении портятся.

3.4.2. Реологические свойства кормов

В процессе прессования корма проявляют свойства, не укладывающиеся в понятие упругого тела. Отмечаются такие явления как *ползучесть* (медленное нарастание деформации при постоянной нагрузке), *релаксация* (рассасывание) напряжений при постоянной деформации, обратное расширение (обратная ползучесть) или последствие спрессованных изделий и т.д. Напряжение не определяет однозначно деформацию: время играет здесь существенную роль. Такие материалы называли *вязкоупругими* или *материалами с последствием*, свойства которых изучает *реология*. В узком смысле термин «реология» подразумевает научное знание о течении вязких тел. Но «текут даже горы», если рассматривать промежутки времени в миллионы лет. С другой стороны, жидкости могут проявлять упругие свойства, если

нагрузку приложить в короткие (доли секунды) промежутки времени. Поэтому термин «реология» стали применять ко всем без исключения физическим телам.

К реологическим константам относятся: а) τ_0 - предельное напряжение сдвига, при котором начинается разрушение структуры; б) μ - коэффициент эффективной динамической вязкости; в) E - модуль упругости; г) T_p - время релаксации напряжений.

Физический смысл этих констант рассмотрим на механических моделях, которые вводят для наглядной демонстрации свойств материалов.

Механической моделью вязкой жидкости является демпфер (катакт), или тело Ньютона (рис.3.15,а). Соответствующей математической моделью является реологическое уравнение состояния ньютоновского тела для простого сдвига

$$\tau = \mu \dot{\gamma}; \quad [\mu] = \text{Па} \cdot \text{с} \quad (3.15)$$

где $\dot{\gamma}$ - скорость сдвига ($\dot{\gamma} = dv/dx$; v - скорость; x -расстояние между слоями жидкости).

Таким простым реологическим свойством обладают молоко, вода, растительное масло и другие жидкости.

Моделью *твёрдого тела* является пружина (рис. 3.15, б), или тело Гука. Соответствующая математическая модель для растяжения-сжатия имеет вид

$$p = E\varepsilon \quad (3.16)$$

где p – нормальное напряжение;
 ε – относительная деформация.

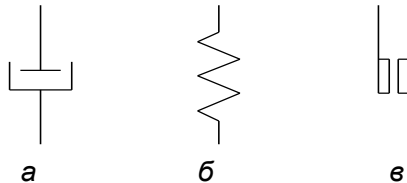


Рис. 3.15. Механические модели, отражающие элементарные реологические свойства материалов:

а) тело Ньютона; б) тело Гука; в) тело Сен-Венана

Указанным свойством обладает твёрдое сырьё (например, зерно

злаковых и технических культур в узком диапазоне изменения нагрузок).

Модель *идеально пластичного тела* изображается в виде пары трения и определяется как тело Сен-Венана (рис.31 в). Оно неподатливо при нагрузке ниже предела текучести, после его превышения неограниченно деформируется. Уравнение состояния для сдвига можно записать в виде

$$\begin{aligned} \tau < \tau_0 & - \text{нет деформации;} \\ \tau > \tau_0 & - \text{течение.} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Пластичностью обладают многие сельскохозяйственные материалы, но в более сложном, чем это дается телом Сен-Венана, виде.

Реальные сельскохозяйственные материалы обладают чаще всего комплексом реологических свойств, поэтому для описания их поведения привлекаются более сложные модели. В частности, широкое применение находят модель Бюргерса, состоящая из четырех простых элементов (рис. 3.16). Такая модель качественно описывает деформационное поведение многих сельскохозяйственных материалов и продуктов: комбикормов, сено-соломистых материалов и других видов кормов.

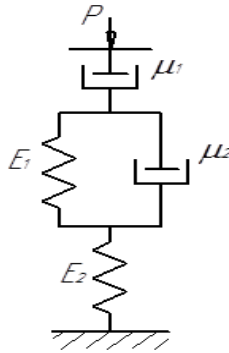


Рис. 3.16. Реологическая модель Бюргерса

Если к модели Бюргерса приложить постоянное напряжение p , то прежде всего произойдет мгновенное сжатие пружины E_2 , далее постепенное сжатие пружины E_1 и перемещение поршня μ_1 , а также поршня μ_2 . В результате общая деформация модели будет возрастать со временем. Это явление носит название *ползучести*. На рисунке 3.16 показана программа нагружения, а ниже – график деформации модели.

Участок OA соответствует мгновенному сжатию пружины E_2 , AB - постепенному сжатию пружины E_1 и перемещению поршня μ_1 , и μ_2 , т.е. ползучести.

При снятии нагрузки пружина E_2 мгновенно разожмется (участок BC).

Пружина E_1 благодаря действию поршня будет разжиматься в течение некоторого времени (явление обратной ползучести или упругого последействия, участок CD). И, наконец, поршень μ_1 после снятия нагрузки не изменит своего положения, демонстрируя тем самым остаточную деформацию – $\varepsilon_{ост}$. Если модель Бюргера подвергнуть мгновенному сжатию и ее свободный конец зафиксировать, поддерживая $\varepsilon = const$ (рис. 3.3 б), то со временем пружины заставят поршни перемещаться. По мере продвижения поршней пружины будут разжиматься, а напряжение в модели будет уменьшаться. Это явление носит название *релаксации напряжений*.

Время, в течение которого релаксирующая часть напряжений p_p уменьшается в $e = 2,71...$ раза, называется *временем релаксации* T_p (см. рис. 3.17,б).

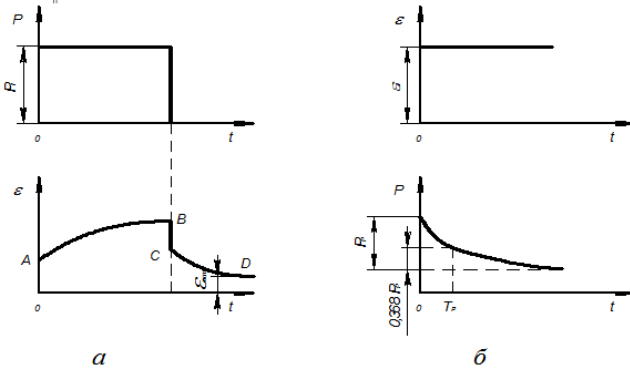


Рис. 3.17. Кривые ползучести деформаций (а) и релаксаций напряжений (б) для модели Бюргера

Материалы, деформационное поведение которых следует моделям, подобным модели Бюргера, носят название, как уже отмечалось, *вязкоупругих*. В отличие от упругих тел, у которых напряжения и деформации связаны однозначной зависимостью, здесь в определяющее уравнение вклинивается новый фактор – время. Мы только что видели, что вязкоупругие материалы изменяют свое напряженно-

деформированное состояние во времени даже в тех случаях, когда один из показателей (напряжение или деформация) поддерживается постоянным.

Большинство твердообразных сельскохозяйственных материалов являются именно вязкоупругими, проявляя, в зависимости от времени приложения нагрузки, в большей степени вязкие или упругие свойства, или, в равной степени те и другие.

Сопротивление, оказываемое вязкоупругим материалом сжатию или сдвигу, зависит от соотношения между скоростями деформации и релаксации напряжений. Если первая скорость преобладает над второй, то материал в большей степени проявляет упругие свойства, энергия накапливается, освобождаясь при снятии нагрузки в виде обратного расширения слоя (обратной ползучести). И, наоборот, при доминировании скорости релаксации происходит усиление процессов рассеивания энергии в деформированном теле, вследствие чего материал оказывает меньшее сопротивление сжатию или сдвигу и слабее расширяется после снятия нагрузки.

3.4.3. Рабочие органы для гранулирования и брикетирования

В мировой практике для уплотнения кормов наибольшее распространение получили штемпельные и кольцевые прессы. Штемпельные рабочие органы осуществляют процесс по принципу порционной подачи. Они могут быть с открытой (рис.3.18, а) или закрытой (рис.3.18, б) прессовальными 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.

Штемпельные рабочие органы с закрытой камерой менее энергоемки, чем с открытой, поскольку здесь исключается работа на выталкивание целого ряда брикетов при максимальном усилии штемпеля. Однако в закрытых камерах требуется одинаковая подача материала для каждого хода штемпеля, что представляет чрезвычайно сложную техническую 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.

Штемпельные рабочие органы действуют по принципу порционной подачи.

Кольцевые прессы (рис. 3.18,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. Тем не менее кольцевые рабочие органы широко распространены и применяются как при гранулировании, так и при брикетировании кормов. Чаще всего для уплотнения в гранулы используют прессы с вертикально вращающейся матрицей, для уплотнения в брикеты – с вращающимися роликами. Известны также прессы с горизонтальной кольцевой неподвижной матрицей.

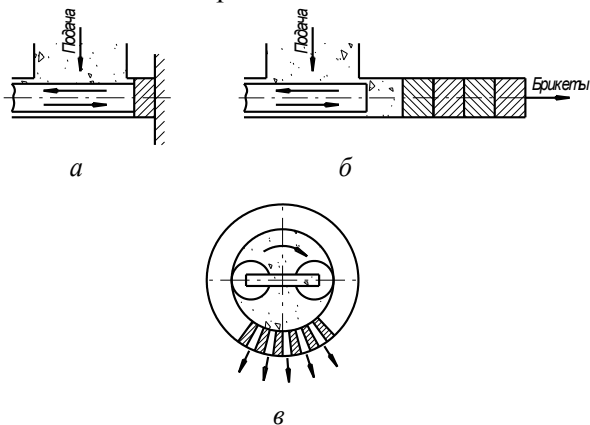


Рис. 3.18. Типы рабочих органов для уплотнения кормовых материалов:

а – штемпельный с закрытой камерой; б – штемпельный с открытой камерой; в – кольцевой

Другие рабочие органы: шнековые, рулонные, вальцовые в силу тех или иных причин не нашли применения в практике кормоприготовления.

3.4.4. Основные закономерности рабочего процесса штемпельных прессов

Будем изначально оперировать понятием относительного приращения плотности прессуемого слоя растительного материала

$$z = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} . \quad (3.18)$$

Если построить экспериментальную кривую прессования в координатах p - z , то это будет монотонно возрастающая функция (рис. 3.19).

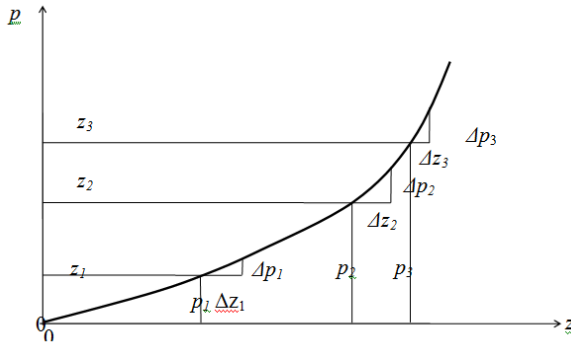


Рис. 3.19. Вид кривой прессования слоя растительного материала

С ростом величин p и z увеличиваются отношения $\Delta p / \Delta z$ и p / z . Следовательно, можно предполагать, в первом приближении, прямую пропорциональную зависимость между этими соотношениями, т.е.

$$\frac{\Delta p}{\Delta z} \approx m \frac{p}{z} ,$$

где m - коэффициент пропорциональности.

Совершив предельный переход: $\Delta p \rightarrow dp$, $\Delta z \rightarrow dz$, получим дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{dp}{dz} = m \frac{p}{z} . \quad (3.19)$$

Разделяя переменные и интегрируя, получим

$$\ln p = m \ln z + \ln C ,$$

где C - постоянная интегрирования.

Потенцирование приводит к основному уравнению прессования,

выраженному в степенной форме

$$p = Cz^m, \quad (3.20)$$

где C и m коэффициенты, характеризующие в конечном счете технологические свойства прессуемого материала.

Коэффициент m имеет безразмерный вид и характеризует форму кривой прессования. Коэффициент C имеет размерность давления (МПа). Численно он равен давлению, требуемому для достижения относительного приращения плотности $z = 1$ (т.е. $\rho = 2\rho_0$).

Таким образом, все входящие в уравнение прессования величины имеют четкий физический смысл, легко интерпретируются, определяются или вычисляются.

Наличие двух коэффициентов C и m позволяет аппроксимировать экспериментальные данные в виде кривой прессования для любых кормов.

Кривая прессования слоя материала может быть построена и в других координатах. Для пояснения этого обратимся к рис. 2.

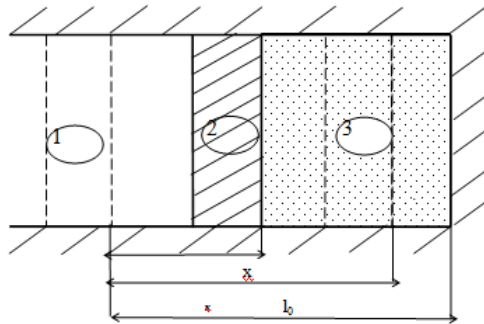


Рис. 3.20. Схема прессования в закрытой камере: 1, 2, 3 - соответственно начальное, промежуточное и конечное положение поршня (штампеля)

На рис. 3.20 обозначено: x - текущее перемещение поршня (штампеля); l_0 - начальная толщина слоя прессуемого материала.

На основе данной схемы можно получить следующие соотношения

$$z = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} = \frac{x}{l_0 - x} = \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon}, \quad (3.21)$$

где $\varepsilon = x/l_0$ - относительная деформация слоя материала (в смысле, приданном в курсе сопротивления материалов).

Величину $\varepsilon = x/l_0$ также можно назвать относительным перемещением поршня.

Интересно построить кривые прессования в координатах $p - \varepsilon$ (рис. 3.21).

Кривую с коэффициентами $C = 1 \text{ МПа}$, $m = 1$ можно назвать *кривой прессования модельного материала*. Даже при $m = 1$ эта кривая носит нелинейный характер, характерный для процессов прессования растительных материалов. Изменением коэффициентов C и m всегда можно подобрать кривую, аппроксимирующую экспериментальные данные с приемлемой для инженерной практики погрешностью. На рис. 3.21 в качестве примера приведены кривые прессования овсяной и пшеничной соломы.

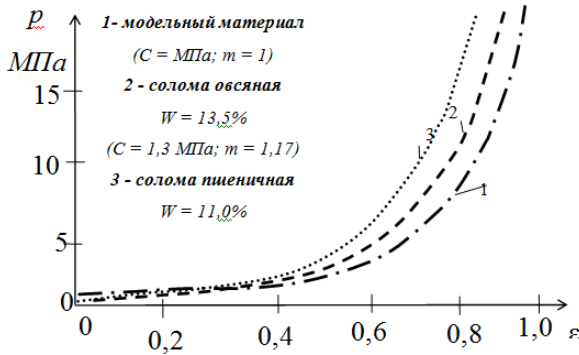


Рис. 3.21. Кривые прессования в координатах $p - \varepsilon$

При различных расчетах процесса прессования требуется определение затрат энергии для достижения заданной (конечной) плотности ρ_k спрессованного образца корма.

Для этого запишем давление в функции перемещения штемпеля x

$$p = C \left(\frac{x}{l_0 - x} \right)^m. \quad (3.22)$$

Соответственно общее усилие P на поршне составит величину:

$$P = SC \left(\frac{x}{l_0 - x} \right)^m, \quad (3.23)$$

где S - площадь поршня (т.е. площадь поперечного сечения камеры прессования).

Поршень, переместившись со своего начального положения $x=0$ до конечного $x = x_{\kappa}$, совершает общую работу A_1 (это затраты энергии на формирование одного образца спрессованного материала):

$$A_1 = SC \int_0^{x_{\kappa}} \left(\frac{x}{l_0 - x} \right)^m dx. \quad (3.24)$$

При переходе к переменной $\varepsilon = x/l_0$ следует учесть, что $dx = l_0 d\varepsilon$; $x_{\kappa} = l_0 \cdot \varepsilon_{\kappa}$. Тогда получим

$$A_1 = SC l_0 \int_0^{\varepsilon_{\kappa}} \left(\frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \right)^m d\varepsilon. \quad (3.25)$$

Удельные энергозатрат A (кДж/кг) можно отыскать, разделив A_1 на массу одного брикета $m = S l_0 \rho_0$

$$A_{1y0} = \frac{C}{\rho_0} \int_0^{\varepsilon_{\kappa}} \left(\frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \right)^m d\varepsilon. \quad (3.26)$$

Интеграл
$$I(m, \varepsilon_{\kappa}) = \int_0^{\varepsilon_{\kappa}} \left(\frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \right)^m d\varepsilon \quad (3.27)$$

при произвольном m вычисляется только численно, например при помощи программы Mathcad.

Выражение (3.24) определяет удельные затраты A_1 на сжатие слоя кормового материала. Большинство кормовых прессов имеют открытую прессовальную камеру. Следовательно нужно учесть еще затраты энергии A_2 на продвижение всей ранее спрессованной массы материала на расстояние $l_0 - x_{\kappa}$ (см. рис. 3.20). С некоторым приближением может записать.

$$A_2 = P_{max} (l_0 - x_{\kappa}) \quad (3.28)$$

$$A_2 = SC \left(\frac{x_{\kappa}}{l_0 - x_{\kappa}} \right)^m (l_0 - x_{\kappa}). \quad (3.29)$$

Удельные затраты энергии по этой формуле составляющей, найдем, разделив A_2 на массу одного спрессованного образца

$$A_{2y0} = \frac{C}{l_0 \rho_0} \left(\frac{x_{\kappa}}{l_0 - x_{\kappa}} \right)^m (l_0 - x_{\kappa}). \quad (3.30)$$

Переходя к относительной деформации $\varepsilon_{\kappa} = x_{\kappa}/l_0$ последнее выражение можно записать и в таком виде

$$A_{2y\partial} = \frac{C}{\rho_0} \frac{\varepsilon_\kappa^m}{(1 - \varepsilon_\kappa)^{m-1}}. \quad (3.31)$$

Таким образом, общие удельные затраты энергии на осуществление процесса прессования в открытой прессовальной камере составят

$$A_{y\partial} = A_{1y\partial} + A_{2y\partial},$$

$$A_{y\partial} = \frac{C}{\rho_0} \left[I(m, \varepsilon_\kappa) + \frac{\varepsilon_\kappa^m}{(1 - \varepsilon_\kappa)^{m-1}} \right]. \quad (3.32)$$

Формула (20) не учитывает затраты на рекуперацию энергии при отходе поршня назад в связи с их малостью.

Сопоставим затраты A_2 и A_1 . Сделаем это для модельного материала, у которого $m = 1$ для реальной деформации $\varepsilon_\kappa = 0,90$:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{\varepsilon_\kappa^m}{(1 - \varepsilon_\kappa)^{m-1}} : I(\varepsilon, m) = \frac{0,9^1}{(1 - 0,9)^0} : 1,403 \approx 0,64$$

При $m = 2$ это соотношение составит 1,53.

Это говорит о том, что затраты энергии на сжатие слоя и выталкивание спрессованного образца вполне сопоставимы между собой, т.е. одного порядка.

В открытой прессовальной камере образцы находятся некоторое время под нагрузкой, что способствует релаксации напряжений и получению качественных брикетов и гранул. Средняя скорость проталкивания v спрессованных образцов не должна превышать величины

$$v = \frac{L}{T_p},$$

где T_p – время релаксации (по данным С. В. Мельникова: для грубостебельных кормов $T_p = 23 \dots 25$ с; для травяной муки – 12...17 с.)

3.4.5. Параметры кольцевых рабочих органов

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.

Независимо от того, вращается и матрица или водило вальцов, прессуемый материал затягивается в клиновидный зазор между матрицей и валком и уплотняется при уменьшении зазора (рис.3.22).

В момент, когда плотность материала в клиновом зазоре становится примерно равной плотности гранул или брикетов в фильерах

канала матрицы, начинается вдавливание материала в фильеры.

При этом гранулы или брикеты перемещаются в фильерах и выдавливаются из них. После прохождения фильерой минимального сечения клинового

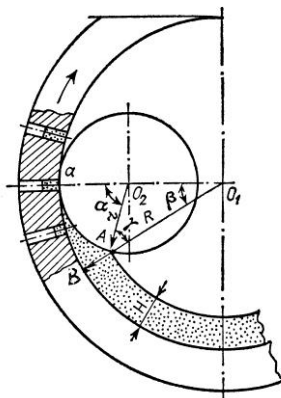


Рис. 3.22. Схема к расчету кольцевого процесса с вращающейся матрицей

зазора происходит упругое расширение уплотненного слоя в фильерах. Брикет или гранула образуется при многократном вдавливания в фильеру отдельных порций уплотненного корма. Определим теоретически некоторые параметры кольцевого пресса.

Из схемы на рис.3.22 видно, что сторону A_1O треугольника AO_1O_2 можно выразить по теореме косинусов

$$AO_1 = \sqrt{r^2 + (R - r)^2 - 2r(R - r) \cdot \cos(180 - \alpha)}$$

Отсюда

$$R - H = \sqrt{r^2 + (R - r)^2 - 2r(R - r) \cdot \cos \alpha}$$

где H – толщина слоя исходного материала на матрице, который растягивается в кольцевой зазор (остальные порции корма сдвигаются вальцом).

Исходя из этого выражения, высоту слоя можно найти из формулы

$$H = R - \sqrt{r^2 + (R - r)^2 - 2r(R - r) \cdot \cos \alpha}$$

В этой формуле неизвестен угол α . Найти его можно путем следующих рассуждений.

При отсутствии буксования между вальцом и матрицей дуги по-

ворота их в зоне захвата будут равны, т.е. $\alpha r = \beta R$, откуда $\beta = \alpha r / R$.

Но из треугольника AO_1O_2 следует что $(\pi - \alpha) + \beta + \gamma = \pi$ и $\alpha = \beta + \gamma$.

Следовательно

$$\gamma = \alpha - \beta; \quad \gamma = \alpha[1 - (r/R)].$$

Для того, чтобы валец мог захватить слой сыпучего материала и затем сжать, необходимо, чтобы угол γ , образованный касательными соответствующим окружностям в точках А и В (на рисунке касательные не проведены), не превышал бы угла φ трения материала о поверхность вальца. Угол γ составляют также радиусы AO_2 и AO_1 , как перпендикулярные указанным касательным.

Следовательно, должно быть выполнено условие

$$\gamma \leq \varphi.$$

Тогда определится угол прессования α

$$\alpha \leq \frac{\varphi}{[1 - (r/R)]}. \quad (3.33)$$

Необходимость компактного размещения вальцов приводит к тому, что соотношение между радиусом вальца и матрицы строго ограничено: при двух вальцах $r/R=0,42-0,45$; при трех – $r/R=0,40-0,42$.

Таким образом, теперь имеются все данные для расчета толщины захватываемого слоя и производительности пресса.

Последнюю можно подсчитать по формуле

$$Q = 2\pi(R - \frac{H}{2})H\rho z\omega\delta, \quad (3.34)$$

где z – число вальцов;

ω – угловая скорость матрицы или водила вальцов;

δ – коэффициент, учитывающей буксование рабочих органов и перфорацию матрицы.

Перфорация матрицы (отношение суммарной площади фильер к общей внутренней поверхности матрицы) составляет: для гранулирующих матриц – 0,4...0,5; для брикетирующих – 0,70...0,75.

Минимальная частота вращения матрицы определяется с учетом наилучших условий распределения материала на внутренней поверхности матрицы, например, чтобы он удерживался на поверхности вертикальной матрицы.

Подкользин Ю.В. это условие записывает в виде

$$\frac{\omega^2 R}{g} \geq \frac{1}{\sin \varphi},$$

откуда
$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g}{R \sin \varphi}}. \quad (3.35)$$

Максимальная угловая скорость должна быть ограничена в связи с возможным разрушением горячих гранул или брикетов растягивающими напряжениями, возникающими от действия центробежных сил. Допускается отрыв гранул и брикетов, когда они достигнут требуемой длины ℓ по отношению к их поперечному размеру d . Для гранул по зоотехническим нормам имеем длину

$$\ell = \theta d,$$

где θ – отношение длины гранул к ее диаметру ($\theta=1,5-2,0$).

Отсюда имеем формулу для расчета ω_{\max} :

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{\sigma}{(R+L) \cdot \theta \cdot d \cdot \rho}}, \quad (3.36)$$

где σ – допустимые напряжения разрыва (для гранул из травяной муки $\sigma=13-17$ кПа);

L – длина фильеры;

ρ – плотность гранулы.

Затраты энергии на рабочий процесс прессования в кольцевом прессе можно представить в виде следующих составляющих

$$A = A_{\text{сж}} + A_{\text{пр}} + A_{\text{ст}} - A_{\text{ур}},$$

где $A_{\text{ст}}$ – работа на сталкивание материала с перемычек между фильерами матрицы.

В связи с наличием затрат энергии $A_{\text{ст}}$ энергоемкость кольцевых брикетных прессов в 1,5 раза выше, чем у штемпельных с открытой камерой. Другим недостатком кольцевых прессов является перетирание (измельчение) стебельных кормов, что вредно для жвачных животных.

В то же время кольцевые прессы незаменимы при производстве гранул из травяной муки, комбикорма и мелко измельченных кормовых смесей.

3.4.6. Оборудование для гранулирования кормов

Для получения гранул сухим способом наибольшее распространение получили вальцовые прессы с кольцевой матрицей. К ним отно-

сятся: для гранулирования травяной муки – ОГМ-0,8А, ОГМ-0,8Б, ОГМ-1,5А, ОПК-2А; для гранулирования комбикормов – ДГ-1 и ОГК-3. На оборудовании типа ОПК можно выполнять брикетирование травяной резки и кормовых солоmistых смесей.

В оборудовании ОГМ травяная мука из сушильных агрегатов поступает через заборник 1 (рис. 3.23) в циклон 2 и из него – в расходный бункер 4. Циклон 3 служит для улавливания пыли, уносимой с потоком воздуха из циклона 2. Чтобы мука равномерно поступала на гранулирование и в бункере не образовывались своды, в нем установлена планетарная мешалка, приводимая в действие от вала шнекового дозатора 5. Последний регулирует количество муки, поступающей на гранулирование, путем изменения частоты вращения, так как он приводится в действие от автономного электродвигателя через клиноременный вариатор. При выходе из дозатора мука увлажняется водой, поступающей через систему ввода воды и распылитель 6. Вместе с водой могут вводиться антиоксиданты и связующие вещества. Равномерность увлажнения и однородность смешивания обеспечивает быстросходный лопастной кондиционер-смеситель 7, который также имеет автономный привод от электродвигателя.

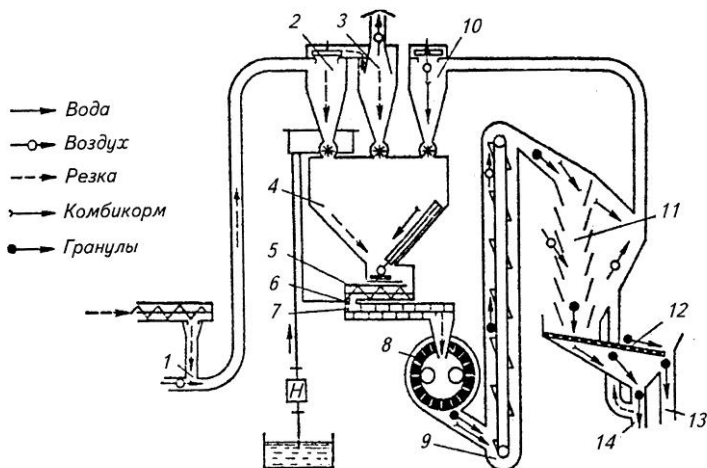


Рис. 3.23. Схема технологического процесса работы оборудования типа ОГМ:

1 – заборник муки; 2, 3 и 10 – циклоны; 4 – бункер; 5 – дозатор; 6 – распылитель воды; 7 – кондиционер-смеситель; 8 – пресс; 9 – нория; 11 – охладительная колонка; 12 – сортировальное сито; 13 – отборник гранул; 14 – отборник крошки и негранулированного корма

Из смесителя кондиционированная травяная мука самотеком поступает в приемник пресса 8, откуда направляющими лопатками подводится на внутреннюю поверхность матрицы. Выдавленные прессующими вальцами из рабочих отверстий матрицы монолиты спрессованного материала встречаются с неподвижными ножами и обламываются, образуя гранулы. Выходящие из пресса гранулы имеют высокую температуру (75...85 °С) и непрочны. Они поступают по лотку в норию 9, которая поднимает их и направляет в охлаждающую колонку 11. Просасываемый через колонку вентилятором циклона 10 воздух охлаждает гранулы. Последние попадают на сортировальное сито 12, с него – в отборник 13, откуда направляются на затаривание в мешки или транспортируются к месту хранения россыпью. Часть муки может не сгранулироваться (до 5...7 %). Часть горячих гранул может рассыпаться в крошку. Эта мелочь проходит под сито, через отборник 14 воздухом транспортируется в циклон 10 и направляется на повторное гранулирование.

Основная часть в комплекте оборудования типа ОГМ – гранулятор, который состоит из шнекового дозатора 5, лопастного смесителя 7, пресса 8, редуктора привода дозатора. Основа гранулятора – пресс (рис. 3.24), состоящий из редуктора и узла прессования с вертикальной кольцевой матрицей и двумя пассивными вальцами.

Электродвигатель через эластичную муфту соединен с валом-шестерней 1. В постоянном зацеплении с валом-шестерней находится зубчатое колесо 5, жестко закрепленное шпонкой и гайкой 4 на полном главном валу 6. К фланцу главного вала сегментами 7 прикреплена матрица 8, которая зафиксирована шпонками от проворачивания.

К наружному торцу вращающейся матрицы прикреплен конический приемник 10, образующий вместе с ее внутренней полостью камеру прессования. Внутри главного вала размещена ось 2, на одном ее конце установлены две плиты, между которыми на эксцентричных осях смонтированы прессующие вальцы 9. Зазор между рабочими поверхностями вальцов и матрицы, равный 0,3...0,5 мм, регулируют с помощью специальных рычагов и болтов на передней плите вальцов. На другом конце оси 2 на шлицах посажен фланец с лыской, который через срезной штифт 3 жестко соединен со стаканом заднего роликового подшипника.

При обычной нагрузке срезной штифт удерживает ось от вращения, и прессующие вальцы вращаются лишь вокруг своих неподвижных осей. Если пресс окажется чрезмерно перегруженным гранулируемой массой или в зазор между вальцами и матрицей попадет по-

сторонний предмет, то валец заклинится и вращающий момент от матрицы будет передаваться на ось 2 а через нее – на срезной штифт 3, После срезания штифта фланец начнет поворачиваться и имеющейся на нем лыской нажмет на толкатель конечного выключателя. Последний отсоединит от сети все электродвигатели и остановит пресс, предохраняя его от поломки.

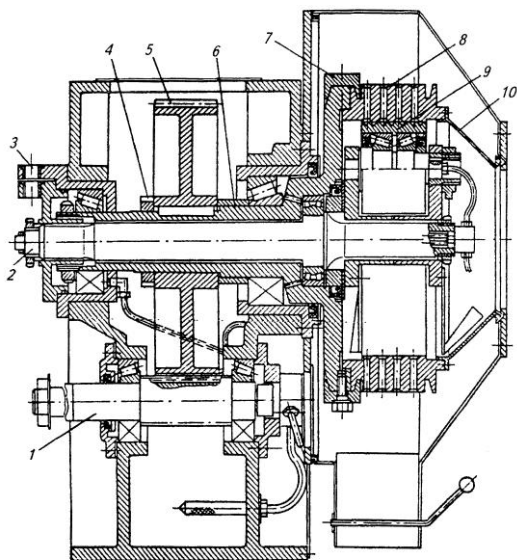


Рис. 3.24. Схема пресса-гранулятора типа ОГМ:

1 – вал-шестерня; 2 – ось; 3 – срезной штифт; 4 – гайка; 5 – зубчатое колесо; 6 – главный вал 7 – крепежный сегмент; 8 – матрица; 9 – прессующие вальцы; 10 –приемник муки

4. Механизация приготовления кормовых смесей

4.1. Дозирование кормов

4.1.1. Основные понятия и зоотехнические требования

При приготовлении кормовых смесей одним из важнейших технологических процессов является дозирование, к которому предъявляют особые требования.

Дозирование – это процесс отмеривания материала с заданной точностью, т.е. с погрешностью, не выходящей за установленные требования.

Неточное дозирование компонентов снижает кормовую и биоло-

гическую питательную ценность кормовых смесей, а избыток дорогостоящих компонентов приводит к удорожанию продукции и нарушению баланса питательных веществ, а в некоторых случаях - к заболеванию животных. Особо строгую точность предусматривают при дозировании белково-витаминных и минеральных добавок, так как несоответствие норм их выдачи может привести даже к гибели животных.

Допустимые отклонения по массе при дозировании кормов для крупного рогатого скота, свиней и овец составляют: грубого корма, силоса, зеленой массы $\pm 10\%$; корнеплодов, плодов бахчевых культур $\pm 15\%$; комбикорма и концентрированных кормов $\pm 5\%$; кормовых дрожжей $\pm 2,5\%$; минеральных добавок $\pm 5\%$.

В практике кормоприготовления применяют массовое (весовое) и объемное дозирование, каждое из которых может быть порционным (дискретным) или непрерывным.

Для *дискретного объемного дозирования* характерно периодическое повторение цикла выпуска дозы материала, как правило, в порционный смеситель. В большинстве случаев дозаторы данного типа применяются при подготовке влажных кормовых смесей, хотя известны варианты их использования и для дозирования ингредиентов комбикормов. Дозаторы этого типа просты по устройству, но далеко не всегда отвечают вышеизложенным требованиям.

Порционное массовое дозирование основано на отмеривании дозы определенной массы. Дозирование по массе проводят различными методами и на весах различной конструкции, исходя из мощности предприятия, особенностей технологического процесса и ассортимента вырабатываемой продукции. Дозаторы такого типа дают высокую точность дозирования, их устройство не сложно, но множество операций, связанных с загрузкой, взвешиванием, догрузкой, выгрузкой сводят на нет все преимущества данного оборудования. Массовое дозирование не всегда дает при требуемой точности необходимую производительность, поэтому очень часто применяют комбинированные весы, на которых первоначально производят грубое взвешивание, а затем досыпку. К недостаткам весовых дозаторов следует отнести также удары механизмов в процессе работы, большую занимаемую площадь, сложность обслуживания. По этой причине весовое дозирование не нашло широкого применения в условиях кормоцехов хозяйств, хотя на больших современных комбикормовых заводах дозированию по массе отдают предпочтение.

При порционном дозировании порцию смеси составляют из компонентов, которые в необходимых количествах подготавливают

или одновременно при помощи индивидуальных дозаторов, или в одном дозаторе поочередно каждый компонент. Подготовленные компоненты поступают в сборные бункера или непосредственно в смеситель, который перемешивает полученную порцию смеси в течение определенного времени.

Для массового непрерывного дозирования пока не разработано точного и надежного оборудования.

При использовании дозирования по массе компонентов комбикормов следует учитывать следующие обстоятельства. Влажность наружного воздуха колеблется от 60 до 90 %. Поскольку приготовление комбикормов в хозяйствах производится в неотапливаемых помещениях, то равновесная влажность зерновых компонентов, следуя изменению влажности воздуха, может принимать значения от 12 до 20 %. Относительное изменение сухого вещества в кормах может при этом достигать 10 %. Поэтому, если дозировать ингредиенты по массе даже с нулевой погрешностью, то животному сухого вещества будет доставаться то больше, то меньше. Это сводит на нет основное преимущество дозирования по массе – малую погрешность.

Объемное непрерывное дозирование менее требовательно к состоянию компонентов и при использовании соответствующего оборудования позволяет приготавливать кормовые смеси с заданным качеством. В связи с этим его широко применяют в кормоцехах и смесителях-раздатчиках.

При непрерывном дозировании все компоненты подают одновременно непрерывными потоками в соотношениях, соответствующих рецептам комбикорма или составу смеси в смеситель, где происходит также непрерывное перемешивание.

4.1.2. Оборудование для дозирования кормов

К дозирующим устройствам объемного типа предъявляют следующие требования:

- регулирование расхода в заданных пределах;
- точность и устойчивость питания, необходимые для обеспечения постоянства заданного расхода в пределах допустимых отклонений;
- возможность работы с различными материалами;
- простота устройства, малая металло- и энергоемкость;
- удобство обслуживания, герметичность и высокая надежность;
- быстрота настройки и регулировки в зависимости от вида корма и нормы дозирования.

При *объемном дозировании* применяют барабанные, тарельчатые и шнековые дозаторы, реже – вибрационные. Продукты дозируют по двум схемам: ширине (толщине) потока продукта и скорости движения.

Дозатор ДП-1 *барабанного типа* предназначен для дозирования сыпучих продуктов. Поэтому его устанавливают не только на комбикормовых, но и на мукомольных и крупяных предприятиях. Особенностью конструкции этого дозатора (рис.4.1) является то, что в стальном корпусе на валу закреплен барабан 1, который составлен из отдельных звездочек 3, между которыми установлены диски 2, разделяющие его на четыре секции. Секции смещены относительно друг друга на 10° по винтовой линии. Такое расположение звездочек позволяет равномерно и непрерывно подавать компоненты при их дозировании.

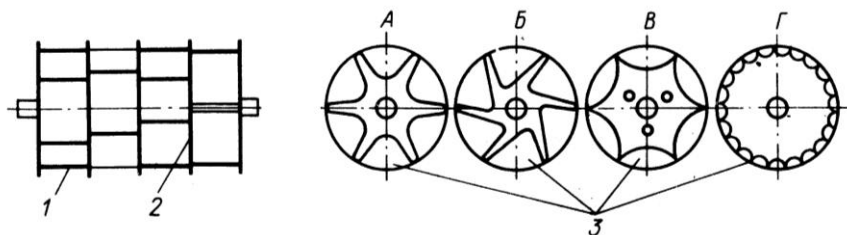


Рис. 4.1. Схема рабочего органа барабанного дозатора ДП-1:
1 – барабан; 2 – дозирующий диск; 3 – звездочки

В зависимости от физических свойств компонентов применяют звездочки различной формы: *А* – для зерновых; *Б* – для мучнистых; *В* – для трудносыпучих; *Г* – для компонентов, входящих в рецепты в небольших количествах. Над барабаном установлен скребок для выравнивания поступающего продукта.

Технологическая схема подачи продукта в дозатор барабанного типа следующая. Компоненты поступают в приемную часть дозатора, где при помощи побудителя равномерно заполняют ячейки барабана. Вращаясь, продукт высыпается из них и выводится из дозатора.

Основной рабочий орган *тарельчатого дозатора* – вращающийся горизонтальный диск 4, с которого компоненты сбрасываются неподвижным скребком 2 (рис. 4.2). Компоненты на диск 4 поступают из приемного бункера 5 и распределяются по диску в виде усеченного конуса. Размеры конуса регулируют манжетой 1.

Тарельчатый дозатор ДТ предназначен для дозирования соли, мела и других компонентов комбикормов. При дозировании соли и

мела следует учитывать состояние этих компонентов по влажности. В тарельчатых дозаторах можно дозировать мел влажностью не более 6...8 %, а соль влажностью 3...4 %. Для дозирования трудносыпучих компонентов применяют дозатор ДДТ.

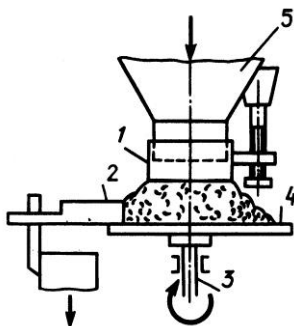


Рис. 4.2. Схема тарельчатого дозатора:
1 – манжета; 2 – скребок; 3 – вал; 4 – диск; 5 – приемный бункер

Малый тарельчатый дозатор МТД-3А предназначен для объемного дозирования минеральных компонентов комбикормов и обогачительных смесей. Особенностью этого дозатора является то, что в верхней части его установлены вертикальный шнек и ворошитель, которые не допускают слеживания дозируемых компонентов и обеспечивают равномерную подачу продукта на тарелку дозатора.

Вибрационный дозатор (рис. 4.3) содержит бункер 5, разделенный вертикальными перегородками на четыре равные отсека (по числу компонентов). Система возбуждения включает тросовые подвески 1 и вибровозбудитель 4. Побудительный узел 2 и прикрепленные к нему лопатки 6 служат для создания требуемого динамического состояния сыпучей среды, отделяемой от общей ее массы, находящейся в бункере.

Работает вибродозатор следующим образом. Исходные компоненты загружаются в отсеки бункера 5. При включении вибровозбудителя дебалансы генерируют вынуждающую силу, которая вызывает колебания побудительного узла 2 и виброднища 3. Лопатки 6 побудительного конуса воздействуют на дозируемые материалы, вызывая их виброоживление.

Высота и шаг установки лопаток побудителей в каждом отсеке дозатора подобраны из условия создания для материалов с разными физико-механическими свойствами одинакового состояния – эффекта

псевдоожигения, придающего им минимальную вязкость и максимальную текучесть.

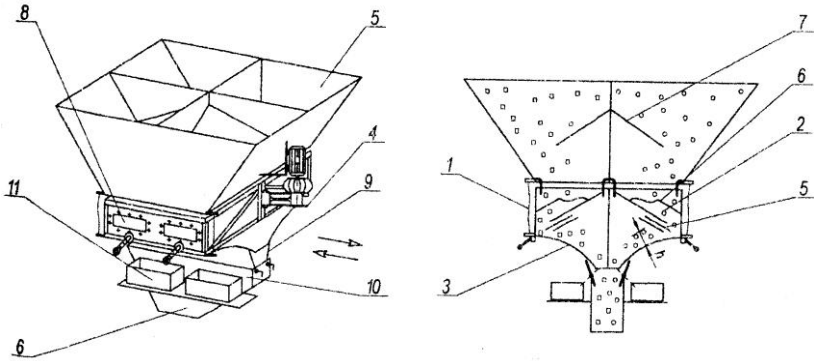


Рис. 4.3. Вибрационный дозатор с пробоотборником

Под действием этого эффекта материалы легко истекают через зазор вниз равномерным слоем, попадают на виброднище 3, транспортируются по нему и выводятся из дозатора. Профиль виброднища 3 выполнен таким образом, что движение по нему материалов происходит слоем одинаковой толщины. Это исключают сгуживание материалов (следует отметить, что каждый компонент обособлен друг от друга и их смешивание происходит лишь в конусе пробоотборника).

Во избежание нежелательного распространения вибраций в верхние слои материалов, находящихся в бункере, над побудительным узлом 2 расположены козырьки-отражатели 7. Последние способствуют снижению энергоёмкости процесса, а также тому, что параметры колебаний рабочих органов поддерживаются постоянными и независимыми от высоты столба кормовых материалов в бункере.

Заданная подача каждой секции устанавливается при помощи заслонок 5, положение которых задает толщину слоя дозируемого материала на виброднище 3. В случае отключения вибровозбудителя происходит надёжное запираание материалов в дозаторе. Обусловлено это геометрией виброднища 3, в котором начальный угол образующей меньше угла внешнего трения материалов.

Для контроля за движением материала в каждом отсеке дозатора имеются технологические окна 8. Окна съёмные, это позволяет, в случае необходимости, производить очистку внутренних полостей дозатора.

Под дозатором расположен пробоотборник, предназначенный для одновременного отбора проб всех компонентов. Пробоотборник

крепится к наддозаторному бункеру (т.е. вибрации на него не распространяются) и состоит из корпуса 10 конусной формы, откидных направляющих 9 и мерных емкостей 11.

При проверке откидные направляющие переводятся в положение «отбор проб» (на рис. 4.3 эта позиция показана пунктиром) и потоки материалов идут без смешивания в мерную емкость. Количество мерных емкостей соответствует количеству секций дозатора.

Как видно из конструкции, все четыре компонента дозируются одним рабочим органом с единым виброприводом.

Трансмиссия отсутствует, поскольку вибропривод установлен непосредственно на рабочем органе. Под действием вибрации компоненты во всех четырех отсеках приводятся в виброоживленное состояние, обладают одинаковыми динамическими свойствами и легко истекают из рабочей зоны дозатора. Как видно, любые случайные воздействия на привод одинаково отражаются на работе всех четырех секций и уменьшение или увеличение подачи происходит синхронно по всем четырем компонентам.

Максимальная подача каждой секции в зависимости от вида корма составляет от 600 до 1200 кг/г. Установленная мощность – 1,1 кВт.

Шнековый дозатор применяют для дозирования и подачи зерновых, мелкусовых и мучнистых компонентов. Благодаря вариатору скорости, который установлен в приводном устройстве, регулирует производительность дозатора, изменяя скорость вращения шнека 2 (рис. 4.4).

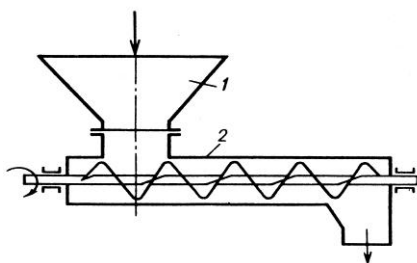


Рис.4.4. Схема шнекового дозатора: 1 – приемный бункер; 2 – шнек.

Подобного вида дозаторы (шнековые, тарельчатые) могут дозировать также измельченные корнеплоды.

Наиболее трудно дозировать силос, сено, измельченные грубые корма (не измельченные они вообще не поддаются дозированию).

В качестве питателей-дозаторов для накопления и дозированной подачи стебельчатых материалов в технологических линиях кормоприготовления широко применяют цепочно-планчатые питатели с битерными устройствами различного конструктивного исполнения (рис. 4.5). Они различаются между собой рабочими органами подающих конвейерных устройств, конструкцией битеров, их количеством и расположением, углом наклона питателей к горизонту и приемной части.

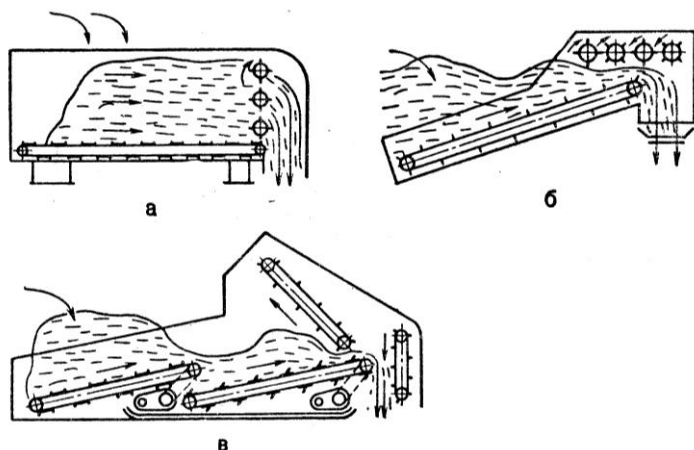


Рис. 4.5. Функциональные схемы питателей-дозаторов стебельчатых кормов: *а* – горизонтальный с вертикальным расположением битеров; *б* – наклонный с горизонтальным расположением битеров; *в* – ступенчатый со счесывающим планчатым конвейером

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 приготавливаемого 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.

Скорость движения конвейера регулируют храповым механизмом или вариатором. Особенностью рассматриваемых устройств является зависимость подачи дозируемого корма от заполнения емкости 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 выданного корма в единицу времени и неравномерность 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% нормы установленной выдачи.

Для избежания нарушения нормы выдачи дозируемых кормов, особенно в условиях их непрерывного дозирования и смешивания постоянно следят за уровнем кормов в накопительном 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 вала массы на сборном или выгрузном конвейере. Поэтому определяют оптимальную, увязанную с подачей продольного конвейера частоту вращения битеров и другие параметры, исходя из постоянства скорости продольного конвейера.

Массовые (весовые) дозаторы позволяют с большей, чем объемные, точностью (в условиях постоянного микроклимата) составлять рецепты смесей с погрешностью в пределах $\pm(0,1..1)\%$, и поэтому применение их обязательно в линиях приготовления премиксов, белково-витаминных добавок и комбикормов повышенного качества с введением компонентов, составляющих по массе менее 3 % смеси.

Применение массовых дозаторов в комбикормовой промышленности, как правило, сочетается с порционным смешиванием компонентов и автоматизацией управления линиями. По конструкции весовые дозаторы схожи между собой (рис 4.6), и отличаются количеством

питателей и грузоподъемностью ковша. Система управления весами приводится в действие пневматикой. Давление воздуха 0,4 МПа, расход 0,4 м³/ч.

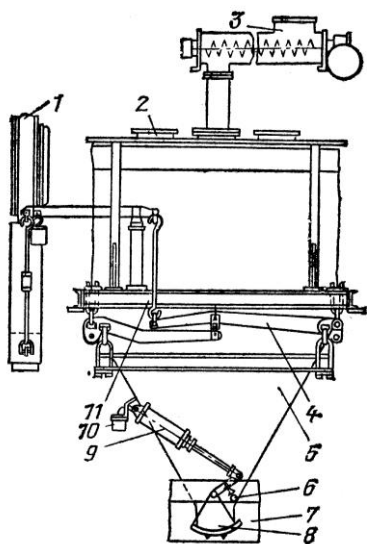


Рис. 4.6. Автоматический многокомпонентный дозатор серии ДК:

1 – циферблатный указатель; 2 – люк для питателя; 3 – питатель; 4 – рычажная система; 5 – ковш весов; 6 – конечный выключатель; 7 – брезентовые рукава; 8 – днище; 9 – пневматический цилиндр управления секторными заслонками днища; 10 – электропневматический клапан; 11 – станина

Каждый отдельный компонент в соответствии с заданным рецептом подается на весы винтовыми 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.

Дозирование по массе компонентов в линиях приготовления влажных кормовых смесей на животноводческих фермах применяют

по двум технологическим схемам:

последовательное взвешивание каждого компонента с выгрузкой его в накопительный бункер, соответствующий емкости кузова мобильного кормораздатчика-смесителя;

последовательное взвешивание и загрузка компонентов в порционный смеситель, установленный на механических или тензометрических весах (в данном случае бункер смесителя является и накопительным).

Указанные системы дозирования позволяют также автоматизировать управление технологическим процессом приготовления смесей.

Массовое непрерывное дозирование, как уже указывалось, пока затруднено из-за отсутствия надежных и простых по конструкции весовых дозаторов непрерывного действия. Имеющиеся системы уступают порционным по точности и экономическим показателям. Учитывая, что само непрерывное дозирование позволяет значительно повысить производительность всего комплекта оборудования при приготовлении различных кормовых смесей, целесообразен поиск более совершенных устройств для обеспечения измерения массы потоков, управления ее дифференциальным и интегральным значениями с погрешностью, не превышающей погрешности порционных дозаторов.

4.1.3. Технологические характеристики дозаторов

Независимо от способа дозирования и типа дозатора в конечном итоге подача корма контролируется только по массе.

Рассмотрим источники возникновения погрешности дозирования на конкретном дозаторе ленточного типа, для которого подача q может быть записана в виде простой формулы

$$q = Fv\rho,$$

где F – площадь поперечного сечения корма на ленте;

v – скорость ленты;

ρ – плотность дозируемого материала.

Требуемая подача может достигаться посредством изменения F . В этом случае площадь определяющего сечения F является управляющим параметром и с его помощью осуществляется настройка дозатора на требуемую подачу. С таким же успехом управляющим параметром может служить v – скорость ленты, или F и v в совокупности.

Для определенности примем, что мы используем один регулируемый параметр F . Тогда для достижения конкретной подачи мы должны установить площадь сечения F_1 , при этом подача составит ве-

личину

$$q_1 = F_1 \nu \rho .$$

Фактически же мы можем установить сечение больше или меньше требуемого, т.е.

$$F_1^* > F_1 \text{ и } F_1^{**} < F_1 . \quad (4.1)$$

На производстве это связано с небрежностью операторов, неточностью тарировочных графиков и т.д.

Неравенства (4.1) определяют собой *систематическую ошибку* дозирования, поскольку при данной настройке дозатора она постоянна по величине и знаку.

Величины ν и ρ определяют собой *случайную ошибку*. Скорость ν зависит от случайного колебания напряжения в электрической сети, не учитываемых изменений сопротивления в приводе дозатора, скольжения электродвигателя т.д. Плотность ρ зависит от влажности, гранулометрического состава и других показателей, которые изменяются случайным образом.

Из теории ошибок следует, что *общая относительная ошибка* (отклонение) подачи $\Delta q / q$ данного дозатора может быть записана в виде

$$\frac{\Delta q}{q} = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{F}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \nu}{\nu}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \rho}{\rho}\right)^2} \cdot 100\%$$

где $\Delta q, \Delta F, \Delta \nu, \Delta \rho$ – абсолютные изменения параметров процесса дозирования;

$\Delta F / F, \Delta \nu / \nu$ – относительные отклонения параметров, влияющих на подачу дозатора.

Если обозначить:

$$\begin{aligned} \delta &= \Delta q / q ; \mu = \Delta F / F ; \\ \nu^2 &= (\Delta \nu / \nu)^2 + (\Delta \rho / \rho)^2 , \end{aligned}$$

то выражение для относительной ошибки можем записать в виде

$$\delta = \sqrt{\mu^2 + \nu^2} . \quad (4.2)$$

Таким образом, общая относительная погрешность δ равна квадратичной сумме относительной систематической μ и относительной случайной ν погрешностям дозирования.

Это положение является верным в том случае, если погрешности μ и ν независимы. Данное условие заведомо выполняется при дозиро-

вании кормов.

Таким образом, систематические и случайные составляющие погрешности формируют общую погрешность дозирования. Это справедливо для всех дозаторов объемного типа.

Очевидно, что приведенные ранее зоотехнические требования на отклонения массы каждого вида корма при его дозировании касаются систематической и случайной погрешности в совокупности.

Рассмотрим далее характеристики дозаторов объемного типа, работающих в непрерывном режиме. Основными показателями работы дозаторов непрерывного действия, характеризующих их пригодность к выполнению технологических операций, являются: *пределы подачи каждого ингредиента* $q_{\min} \dots q_{\max}$ (кг/с); *погрешность дозирования* μ (%); *неравномерность подачи*, характеризуемая коэффициентом вариации ν (%). Для определения этих показателей на заданном режиме работы отбирают подряд 30 порций в интервале 1 с, которые взвешивают с погрешностью до 1%. Полученные дискретные значения массы порций обрабатывают методами математической статистики, определяют среднее значение \bar{q} , погрешность дозирования μ , среднеквадратическое отклонение σ_q , коэффициент вариации подачи ν .

Расчеты для нахождения оценок этих величин ведут формулам:

$$\bar{q} = \left(\sum_{i=1}^n q_i \right) / n ; \quad \mu = \left[| \bar{q} - q_{pac} / q_{pac} | \right] \cdot 100\% \quad (4.3)$$

$$\sigma_q = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 / (n - 1)} ; \quad \nu = (\sigma_q / \bar{q}) \cdot 100\% \quad (4.4)$$

где n – число отобранных порций ($n=30$);

q_{pac} – расчетное (заданное) значение подачи.

По этим показателям дозаторы можно сравнивать между собой.

Минимальная подача q_{\min} указывается в перечне показателей потому, что при работе на малых подачах дозаторы имеют очень большую погрешность, превосходящую зоотехнические нормы. Подача q_{\min} соответствует как раз той подаче, когда погрешность дозирования становится приемлемой.

Пояснение остальным показателям дано на рис. 4.7, где приведены расчетные $q_{pac}(t)$ и фактические $q(t)$ характеристики дозатора.

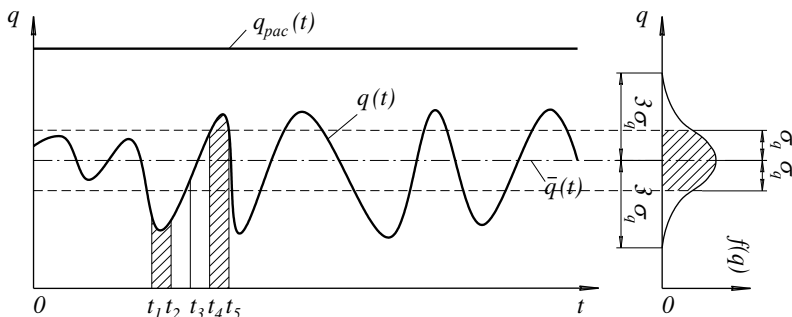


Рис. 4.7. График подачи материала объемным дозатором непрерывного действия

Если принять в первом приближении, что процесс дозирования является случайным эргодическим (т.е. с устойчивыми статистическими характеристиками), а величина q имеет нормальное распределение с дисперсией σ^2 , то как раз можно и прийти к формулам (4.3) и (4.4).

Как видно, терминология в области дозирования кормов отождествляет термин "погрешность" дозирования с систематической, а термин "неравномерность" дозирования – со случайной ошибками дозирования.

Систематическую ошибку можно уменьшить тщательной настройкой дозатора с предварительной его тарировкой. В идеале необходимо, чтобы $q_{pac} = \bar{q}$. Но даже в этом случае случайный характер изменения q вблизи q_{pac} может существенно изменить рецептурный состав кормосмеси.

Действительно, если взять пробы на выходе из дозатора, то полученные порции будут существенно различаться по массе (см. рис. 4.7), хотя $t_2 - t_1 = t_5 - t_4$:

$$\int_{t_1}^{t_2} M(t) dt \neq \int_{t_4}^{t_5} M(t) dt.$$

Случайная ошибка, т.е. неравномерность дозирования, существенно зависит от конструктивных особенностей дозатора, вида и состояния дозируемого материала и т.д.

Дозаторы непрерывного действия, как уже указывалось, непрерывно подают дозируемый материал в смесители непрерывного действия. Смесители в большей или меньшей степени обладают *сглаживающей способностью*, т.е. выравнивают при смешивании неравномерный поток материала, идущий от дозатора.

Таким образом, наиболее правильный подход к математическому описанию получения кормосмеси состоит в совместном рассмотрении процессов дозирования и смешивания.

Коэффициент вариации выражает относительную меру разброса подачи дозатора относительно среднего значения. Лучший дозатор тот, у которого коэффициент вариации ν меньше.

Рассмотрим подробнее статистический смысл этого показателя. Для этого вспомним, что среднеквадратическая ошибка выражает наиболее вероятное ($P = 68\%$) значение случайной величины. В нашем случае это означает, что 68% полученных результатов подачи будут располагаться в интервале (см. рис. 4.7):

$$\bar{q} \pm \sigma_q = \bar{q} \pm \bar{q} \nu = \bar{q}(1 \pm \nu).$$

(ν здесь выражено не в %, а в относительных единицах).

Другой смысл этого интервала состоит в том, что если отобрана одна секундная порция корма на выходе из дозатора, то вероятность того, что масса этой порции попадет в указанный интервал, будет также 68%.

Специалисты пришли к выводу, что для дозирования дерти, комбикормов, их компонентов необходимо, чтобы $\nu \leq 5\%$, для дозирования силоса, сенажа, грубых кормов – $\nu \leq 10\%$.

Таким образом, наиболее вероятный интервал подач дозатора должен быть не более:

– для дерти, комбикормов 0,95 q...1,05q;

– для других видов кормов 0,90q...1,10q.

При отсутствии систематической ошибки это согласуется с зоотехническими допусками на процессы дозирования. Кроме того, наиболее значительные случайные всплески подачи дозатора сглаживает смеситель. С учетом этого следует признать допустимые значения коэффициента вариации в 5 и 10% вполне приемлемыми.

4.2. Смешивание кормов

4.2.1. Зоотехнические требования

Завершающей операцией приготовления кормовых смесей является смешивание компонентов в специальных устройствах – смесите-

лях порционного или непрерывного действия.

С зоотехнической точки зрения важно не только ввести в состав кормосмеси предусмотренные рационом компоненты в требуемом соотношении, но и необходимо, чтобы все они были равномерно распределены во всем объеме смеси. Однородность смеси обеспечивает одинаковую питательную ценность корма во всех частях его объема. Использование для кормления животных неоднородных по своему составу смесей значительно снижает их продуктивное действие. Особенно важно распределять в массе кормосмеси компоненты, вводимые в небольших количествах и имеющие высокую кормовую ценность или биологическую активность: комбикорма, белково-витаминно-минеральные концентраты (БВМК), премиксы, витамины, микроэлементы, лекарственные препараты и др.

Однородность имеет большое значение, поскольку разовая дача корма животным, особенно птице, очень мала. В отдельных случаях она исчисляется несколькими десятками граммов. И в этом небольшом количестве корма должны быть все вещества, предусмотренные рационом: комбикормов, БВМК, премиксов и т.д.

Равномерность распределения компонентов обеспечивается их смешиванием.

Цель смешивания – превращение некоторого перечня компонентов в кормосмесь с определенными свойствами. Иначе говоря, смешивание – совокупность процессов направленного формирования однородных по составу, плотности, и физико-механическим свойствам систем из набора требуемых компонентов.

Иногда операцию смешивания совмещают с основным или дополнительным измельчением компонентов. В частности, хорошим смешивающим эффектом обладают молотковые дробилки, и это свойство успешно используется при производстве комбикормов. При приготовлении влажных кормосмесей применяют измельчители-смесители с ножевыми рабочими органами.

В зависимости от вида и способа содержания животных или птиц, принятого типа кормления, а также и наличия кормов в хозяйстве кормовые смеси готовят разной консистенции:

сухие (комбикорма и кормосмеси) – влажность $W=(13 - 15\%)$;

влажные рассыпные ($W=45 - 70\%$);

жидкие (текучие) ($W=75 - 85\%$).

Все эти смеси получают путем механического перемешивания с получением однородной массы. Поэтому качество смешивания определяется степенью однородности смеси. Ее минимум устанавливают

зоотехнические требования:

- для свиней – 85%;
- птицы – 90%;
- КРС – 80% (с вводом карбамида – 90%);
- комбикормов собственного производства – 90...95%.

Перемешивание кормовой массы иногда проводят для перераспределения влаги, тепла и растворения некоторых добавок.

4.2.2. Основные принципы смешивания

В смесителях происходит взаимное перемещение частиц различных компонентов, причем в идеальном случае может быть получена смесь, в любой точке которой соотношение компонентов соответствует заданному (рис. 4.8). Такое идеальное распределение возможно в смеси, где компоненты состоят из сферических частиц одинаковых свойств и размеров, и при отсутствии гравитации. Естественно, что в кормах этого не может быть, т. к. смесь компонентов состоит из частиц разных размеров, которые обладают различными физико-химическими свойствами. Поэтому на процесс их перемещения влияет огромное число факторов, а в малых объемах смешиваемого продукта возможно бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц. Поэтому соотношение компонентов в любой точке смеси – случайная величина.

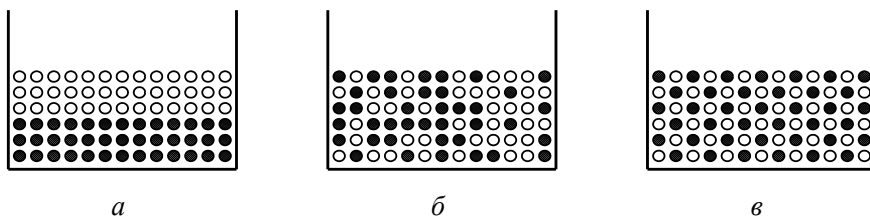


Рис. 4.8. Стадии смешивания двух компонентов:

а – исходное состояние; б – статистическое распределение компонентов в процессе смешивания; в – идеально перемешанная смесь (практически не осуществима)

Исходя из этого, современные методы оценки качества кормовых смесей, степени их однородности основаны на методах статистического анализа. Большое число компонентов создает систему со многими случайными величинами, законы которой очень сложны. Для оценки качества смеси обычно выделяют компоненты, содержание

которых в смеси должно быть сравнительно небольшим, т. к. наиболее сложно распределить равномерно в смеси именно такие компоненты. Желательно, чтобы физические свойства их в наибольшей степени отличались от свойств других компонентов и, самое главное, чтобы метод их определения был достаточно прост и надежен.

При *периодическом смешивании* в смеситель обычно поступает набор компонентов, причем они предварительно почти не смешаны друг с другом. В процессе смешивания происходит:

- перемещение группы смежных частиц из одного места смеси в другое внедрением или скольжением слоев;

- постепенное перераспределение частиц различных компонентов через вновь образованные границы их раздела;

- сосредоточение частиц, имеющих близкие размеры, форму, массу в разных местах смесителя под действием сил тяжести (гравитационных сил).

В первом и во втором случаях частицы при смешивании равномерно распределяются в смеси, последний, третий процесс препятствует равномерному распределению частиц. Все три процесса в смесителе протекают одновременно, но их роль в разные периоды смешивания неодинакова.

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. В этот период (т. е. в начале смешивания) частицы не успевают сосредоточиться в разных местах смесителя, т. к. в перемещаемых объемах компоненты относительно друг друга неподвижны.

Постепенно в процессе смешивания происходит перераспределение частиц. 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. Число компонентов также имеет значение для процесса смешивания: при большом числе компонентов доля каждого из них уменьшается, а продолжительность процесса увеличивается.

Распределить равномерно компоненты с высокой дисперсностью легче, т. к. в единице объема содержится большее количество

частиц. При этом вступает в силу процесс сосредоточения частиц, за-липания их в различных частях смесителя. Чем больше различие в физи-ко-механических свойствах смешиваемых компонентов, тем этот процесс продолжительнее.

Выбор конструкции смесителя зависит от свойств смешиваемых компонентов. При перемешивании сыпучих компонентов широко используют гравитационные силы, под воздействием которых они пере-сыпаются и перемешиваются. Для трудно сыпучих компонентов и для смешивания сыпучих компонентов с жидкими гравитационных сил недостаточно, приходится перемещать смешиваемый материал шне-ками, лопатками и т. д.

При *непрерывном смешивании* поступление компонентов, их смешивание и выдача готовой смеси происходит непрерывно. Качест-во готовой смеси, получаемой в этих смесителях, зависит не только от их конструкции, но и от равномерности дозирования компонентов.

Существующие дозаторы не могут обеспечить строго постоян-ного количества подаваемого компонента в любую единицу времени, его обычно подают пульсирующими потоками. Поэтому смеситель не только должен хорошо перемешивать компоненты, но и сглаживать пульсацию их подачи. Выбор смесителя зависит от качества работы дозаторов. Если дозаторы подают компоненты равномерно или пуль-сация их подачи существенного влияния на качество смеси не оказы-вает, в этом случае можно выбрать смеситель, в котором компоненты перемещаются вдоль его оси без продольного перемещения частиц.

Если дозаторы подают компоненты не равномерно, необходимо применять смесители, способные частично или полностью сглаживать пульсации. В таких случаях, кроме поперечного, должна обязательно иметь и продольное перемещение, создаваемое обычно лопастями, которые способны перемещать компоненты как в направлении движе-ния, так и частично обратно.

Особенно трудно получить кормосмеси, включающие силос, со-лому, сенаж, корнеклубнеплоды, комбикорм или дерть, которые суще-ственно различаются по физико-механическим свойствам. При чистом механическом смешивании создать кормосмесь с требуемой однород-ностью 80-90% весьма проблематично. Для кормов с включением длинноволокнистых компонентов качественная кормосмесь может быть получена только за счет срезающего смешивания и растирания порции слоя, что достигается дополнительным измельчением компо-нентов во время смешивания.

4.2.3. Теоретические основы смешивания

Исследования по смешиванию различных материалов направлены, прежде всего, на установление кинетических зависимостей этого процесса, характеризующих изменение показателей однородности смеси во времени. Несмотря на большое количество работ, проведенных по этой проблеме, указанная задача решается сейчас в основном на эмпирическом уровне.

Ограничимся при дальнейшем рассмотрении важнейшим для практики случаем линейного закона ввода энергии в смешиваемый материал

$$A = N \cdot t, \quad (4.5)$$

где A – работа, потребная для смешивания 1 кг смеси до однородности Θ (Дж/кг);

$N = const$ – мощность, развиваемая приводом смесителя в расчете на 1 кг смешиваемого материала (Дж/(с кг)).

Закону (4.5) приближенно отвечает смешивание материала в непрерывном режиме работы смесителя с постоянной скоростью его рабочих органов.

Для указанного режима уравнение кинетики смешивания было получено в виде

$$\bar{\Theta} = \frac{N}{W} \left\{ t - (t - T) \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right) \right] \right\}, \quad (4.6)$$

где W – модуль смешивания, показывающий, какая работа совершается при увеличении однородности 1 кг смеси на 1 % (Дж/(кг · %));

T – некоторая постоянная, имеющая размерность времени, мин.

Модуль смешивания W характеризует в совокупности смешиваемый материал и конструктивные особенности смесителя.

Полученная зависимость есть не что иное, как уравнение кинетики смешивания. От предлагавшихся ранее эмпирических зависимостей, полученное отличается в первую очередь тем, что содержит энергетические параметры N и W .

В правой части выражения (4.6) можно выделить две составляющих:

$$- (N/W)t; \quad 2 - (N/W)(t - T)[1 - \exp(-t/T)].$$

Первое слагаемое отражает собственно смешивание (линейный закон) для условий, когда нет сегрегации компонентов смеси (в условиях невесомости, или когда силы взаимодействия между частицами

много больше сил тяжести).

Вторая составляющая имеет знак минус, поскольку отвечает за уменьшение однородности смеси, обусловленное ее разделением под действием сил гравитации.

На рис.4.9 даны обобщенные кривые кинетики смешивания, построенные по уравнению (4.6). Как видно, в начальной стадии процесса однородность смеси увеличивается весьма интенсивно почти по линейному закону, затем стабилизируется, достигая максимума.

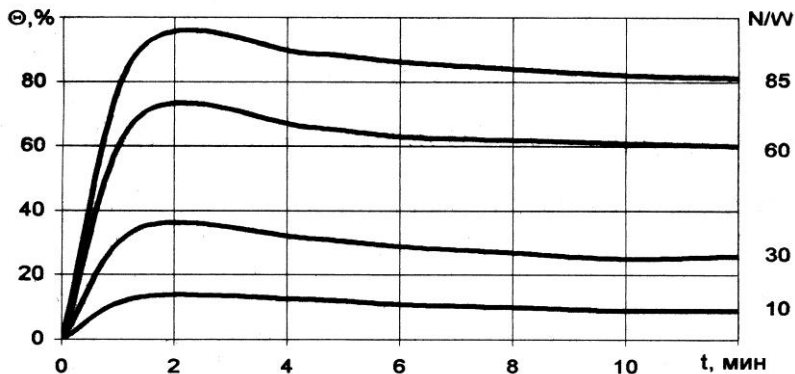


Рис. 4.9. Кривые кинетики смешивания

В это время достигается динамическое равновесие процессов смесеобразования и разделения компонентов. Дальнейшее продолжение смешивания бесполезно и даже вредно, поскольку приводит к некоторому уменьшению однородности смеси при дополнительных затратах энергии.

При низком уровне ввода энергии в смешиваемый материал (например, при малой скорости рабочих органов) кривые кинетики смешивания носят такой же характер, но достижения требуемой по зоотехническим нормам однородности смеси не происходит.

Для отыскания оптимального времени смешивания t^* дифференцируем выражение (4.6) и производную приравняем нулю

$$\frac{d\Theta}{dt} = \frac{N}{W} \left(\frac{2T-t}{T} \right) \exp\left(-\frac{t}{T}\right) = 0$$

Поскольку $N/W \neq 0$, а множитель $\exp(-t^*/T)$ стремится нулю лишь при $t^* \rightarrow \infty$, то остаётся предположить $(2T-t^*)/T=0$, откуда

$$t^* = 2T$$

Таким образом, оптимальное время смешивания соответствует

удвоенному характерному времени T (см. рис. 4.9).

В заключение заметим, что в случае экспериментального исследования нет необходимости определять величины N и W отдельно. Их частное в формуле (4.6) можно заменить одним параметром $B=N/W$. Следовательно, получаемые кривые смешивания можно аппроксимировать формой (6), но с двумя параметрами B и T .

4.2.4. Технологические характеристики смесителей

К технологическим показателям смесителей относят:

технологическую (полезную) вместимость смесителя, т.е. объем фактического перемешивания, m^3 ;

качество смешивания кормов, определяемое через коэффициент вариации контрольного компонента;

продолжительность смешивания (время для достижения требуемой однородности смеси), мин;

производительность смесителя, кг/с;

приспособленность к выполнению специальных технологических операций (запаривания, измельчения, раздачи кормов).

К конструкции и режимам рабочих органов смесителей предъявляются и другие требования, такие как исключение застойных зон и сепарации смеси по гранулометрическому составу, обеспечение быстрой загрузки компонентов и выгрузки кормосмеси. Это достигается соответствующим выбором рабочих органов, а также конструкции смесителя и вспомогательных устройств для конкретных условий с учетом физико-механических свойств смешиваемых компонентов.

Среди перечисленных показателей важнейшее значение имеют те, которые определяют качество смешивания кормов.

Для оценки качества смешивания смесь условно считают двухкомпонентной. Обычно выделяют один компонент (контрольный), остальные объединяют во второй (условный). Таким образом, в этой двухкомпонентной смеси случайной величиной является содержание контрольного компонента в микрообъеме. К контрольному компоненту предъявляют такие требования: сравнительная простота определения его содержания в пробе, небольшое количество, отличие от других компонентов. Контрольным компонентом может быть или компонент кормосмеси, входящий в нее в малых количествах, или специально вводимый компонент (индикатор).

При этом считают, что если контрольный компонент распределён равномерно, то и все остальные распределены удовлетворительно. Качественной характеристикой процесса смешивания является *нерав-*

номерность (неоднородность) смеси, оцениваемая через посредство коэффициента вариации C_x контрольного компонента. В качестве последнего могут служить поваренная соль (в комбикормах), зерна ячменя или семена свеклы (во влажных кормосмесях), вводимые в количестве 1% к массе всей смеси.

Для получения информации, требуемой для подсчета коэффициента вариации 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 должны составлять 5г, влажных и жидких смесей для свиней и сухих для крупного рогатого скота – 100г, влажных для крупного рогатого скота – 300г.

При вводе частиц индикатора для дискретного счёта целесообразно, чтобы в одной пробе было более 9 частиц. В этом случае их распределение в пробах подчиняется нормальному закону, что весьма удобно для описания зависимостей между показателями процесса смешивания.

Расчет для смесителей непрерывного действия ведут по формулам:

$$\bar{X} = (\sum X_i) / n; \quad \sigma_x = \sqrt{[\sum (X_i - \bar{X})^2] / (n - 1)};$$

$$C_x = (\sigma_x / \bar{X}) \cdot 100\%$$

где X_i – концентрация контролируемого или контрольного компонента в пробах (весовая, относительная, количество единиц);

\bar{X} – среднеарифметическая концентрация контрольного компонента;

n – число отобранных проб.

Для смесителей периодического действия более объективную оценку дает расчет показателей σ_x 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 :

$$\sigma_x = \sqrt{[\sum (X_i - X_p)^2] / (n - 1)};$$

$$C_x = (\sigma_x / X_p) \cdot 100\%$$

Однородность смеси θ связана с неоднородностью соотношении

ем

$$\theta = 100 - C_x, \text{ \%}.$$

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 – порционного или непрерывного действия 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.

Технологическая емкость порционного смесителя:

$$V_{\phi n} = V \varphi \rho_{см},$$

где V – геометрический объем смесителя, м³;

$\rho_{см}$ – насыпная плотность смеси, кг/м³;

φ – коэффициент заполнения (определяется экспериментально).

Для порционных смесителей, применяемых в комплектах кормоцехов для приготовления влажных кормосмесей, и бункерных смесителей коэффициент заполнения φ , в зависимости от вида подготавливаемых смесей, колеблется от 0,6 до 0,8.

4.2.5. Конструктивные особенности смесителей

Смесители, применяемые в животноводстве, отличаются большим разнообразием. Это объясняется необходимостью приготовления кормовых смесей с различными физико-механическими свойствами компонентов: гранулометрическим составом, плотностью, формой частиц, влажностью, консистенцией и т.д. Смешивание кормов часто сопровождается тепловыми процессами и дополнительным измельчением.

Применяемые в настоящее время смесители для подготовки кормовых смесей можно классифицировать следующим образом (рис. 4.10):

по влажности (физическому состоянию) готовящейся смеси – смесители для сыпучих, влажных и жидких кормов;

по характеру протекающего процесса смешивания – смесители периодического и непрерывного действия;

по способу воздействия на смесь – смесители гравитационные, центробежные, с механическим воздействием рабочих органов;

по конструктивному признаку – смесители с перемешивающими устройствами, с быстроходными роторами, вибрационные;

по совокупности выполняемых операций – смесители, смесители-запарники, смесители-измельчители, смесители-раздатчики, смесители-измельчители-раздатчики кормов.

Типы смесителей. По характеру процесса различают смесители порционного (периодического) и непрерывного действия. В зависимости от вида смешиваемых кормов смесители могут быть предназначены для приготовления сухих сыпучих (комбикормов), рассыпных влажных и жидких (консистентных) кормов. Ко второй группе относятся мешалочные смесители. По конструкции рабочих органов (мешалок) применяют смесители: для сыпучих кормов – шнековые, лопастные и ленточные; для жидких – турбинные, пропеллерные и лопастные; для рассыпных влажных (стебельных) кормов – шнековые и лопастные (рис. 4.10).

В зависимости от частоты вращения мешалок смесители делят на тихоходные и быстроходные. К тихоходным относятся смесители, у которых показатель кинематического режима $K = (\omega^2 R / g) < 30$ (здесь R - радиус мешалки), а к быстроходным – у которых $K > 30$. Мешалочные смесители по числу мешалок делят на одно- и двухвальные.

Рассмотрим наиболее типичные рабочие органы кормосмесителей с неподвижной камерой.

Для приготовления комбикормов в хозяйствах применяют главным образом шнековые смесители – вертикальные, горизонтальные, наклонные или планетарные.

Для приготовления влажных кормовых смесей из стебельных кормов и корнеклубнеплодов до последнего времени применялись преимущественно тихоходные, горизонтальные одно- или двухвальные лопастные смесители порционного действия.

Применение заменителей цельного молока для телят связано с необходимостью готовить жидкие кормовые смеси в виде эмульсий. Применение жидкого кормления в свиноводстве требует приготовления суспензий. Приготовление кормовых дрожжей связано с аэрированием биомассы для насыщения жидкой фазы кислородом.

Смешивание жидких компонентов производят, как правило, ме-

ханическим способом в аппаратах с мешалками. Но в ряде случаев применяют циркуляцию насосом или пневматическое перемешивание (барботаж).

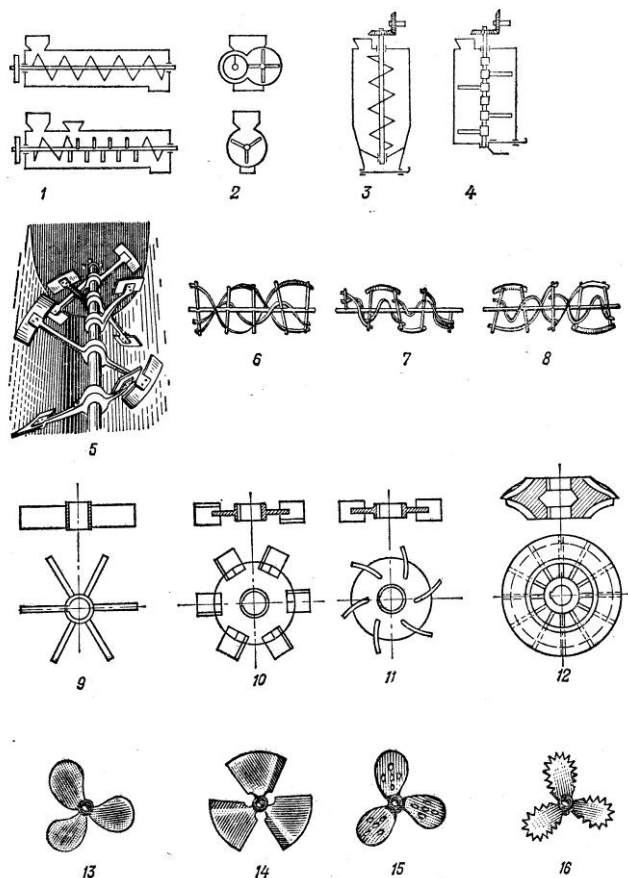


Рис. 4.10. Типы мешалок (по С.В. Мельникову):

1, 2, 3 – шнековые; 4, 5 – лопастные; 6, 7, 8 – ленточные; 9, 10, 11, 12 – турбинные. 13, 14, 15, 16 – пропеллерные

Для механического способа применяют тихоходные лопастные мешалки или быстроходные – турбинные и пропеллерные. Лопастные мешалки используют для перемешивания в малых объемах жидкостей с большой вязкостью, пропеллерные – для жидкостей с малой вязкостью. Турбинные мешалки допускают широкий диапазон вязкостей.

Смесители для комбикормов. Смеситель Р1-БСК (рис. 4.11) выпускается объединением «Мельинвест» и предназначен для смешива-

ния компонентов комбикормов на предприятиях небольшой производительности. Смеситель относится к одновальным с двойной спиралью с разными углами атаки, обеспечивающими встречное перемещение компонентов в процессе смешивания. Емкость корпуса смесителя составляет около одной тонны. Благодаря оригинальной конструкции ротора смеситель обеспечивает достаточно высокую однородность смешивания при простой конструкции. Корпус смесителя 3 корытообразной формы выполнен из листовой стали и сверху закрыт крышкой 2 с приемным отверстием. На крышке смонтирован мотор-редуктор 11, который через цепную передачу 10 приводит спиральный ротор 1. С торцов смеситель закрыт стенками 5 с подшипниковыми опорами 4 ротора. К торцевым стенкам закреплены стойки 9, на которых смеситель устанавливается на полу или перекрытии. В нижней части смесителя смонтирована задвижка 8, управляемая штурвалом 7 с реечным механизмом. Смеситель относится к машинам периодического принципа действия, время смешивания составляет от 4 до 8 мин и устанавливается натаймере, смонтированном в пульте управления. Смеситель может работать и в непрерывном режиме. В этом случае выход смешанных компонентов осуществляется через выпускной патрубок 6.

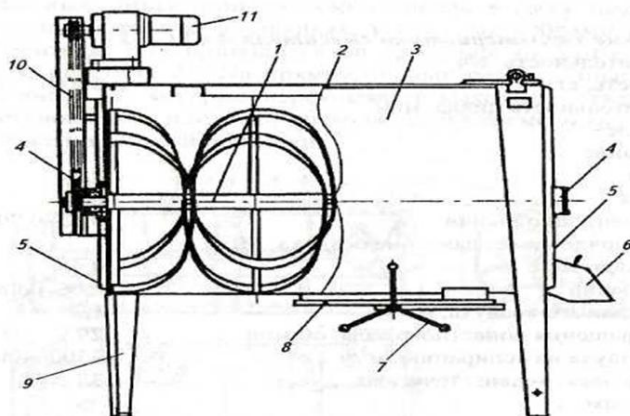


Рис. 4.11. Смеситель Р1-БСК:

1 - вал ротора; 2 - верхняя крышка; 3 - корпус; 4 - подшипниковые опоры; 5 -стенки торцевые; 6 - выпускной патрубок; 7 -штурвал; 8 - задвижка; 9 - стойки; 10 - цепная передача; 11 -мотор-редуктор

Технические характеристики смесителя Р1-БСК
Производительность, т/ч 2-5

Емкость корпуса, т 1,0
 Однородность смешивания, % 85-90
 Установленная мощность, кВт 7,5
 Габариты, мм:
 длина 2530
 ширина 1300
 высота 2800
 Масса, кг 480

Смесители-измельчители для рассыпных влажных кормов. Измельчитель-смесителькормов ИСК-10 (рис.4.12) предназначен для измельчения и смешивания корма. Машина состоит из ножевого ротора 5, приемной I, рабочей II и выгрузной III камер, расположенных одна над другой, бункера 11, выгрузного транспортера, пакетов противорезов, зубчатых дек 3, электродвигателя 7 и клиноременной передачи 9, снабженной натяжным роликом. Для введения в обрабатываемую массу жидких добавок предусмотрено по две форсунки 4 на приемной и на выгрузной камерах. Приемная и рабочая камеры соединены откидными креплениями. В стенках рабочей камеры имеется шесть окон, в которых устанавливаются пакеты ножей-противорезов и зубчатые деки. Окна закрывают с наружной стороны кожухами 12.

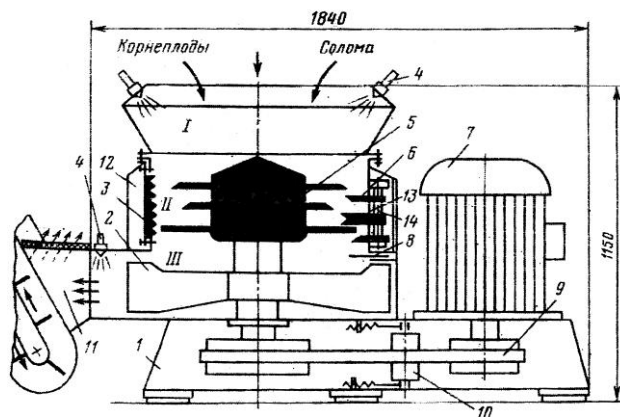


Рис. 4.12. Измельчитель-смеситель ИСК-10:

1 – рама; 2 – швырялка; 3 – зубчатая дека; 4 – форсунка; 5 – ротор; 6 – нож противореза; 7 – электродвигатель; 8 – шибер; 9 – клиноременный привод; 10 – натяжной ролик; 11 – бункер выгрузного транспортера; 12 – кожух; 13 – основание; 14 – вал; I – приемная камера; II – камера измельчения и смешивания; III – выгрузная камера

На рабочем органе-роторе размещены ярусами ножи измельчителя, выполняющие также роль смесителей, и молотки. В нижней части ротора, расположенной в выгрузной камере, находится двухлопастная швырялка. Ножи и молотки размещены в пазах между фланцами, установленными на шлицах головки ротора при помощи специальных болтов и пальцев.

Пакет ножей-противорезов собран на валу 14, установленном шарнирно на основании 13, прикрепляемом болтами к корпусу рабочей камеры. Основание и кронштейн вала соединены пружиной, под воздействием которой ножи-противорезы входят в рабочую камеру через прорезы в пластине и удерживаются ею в рабочем положении. При попадании в камеру посторонних включений шарнирно-пружинное крепление противорезов позволяет им отклоняться без поломки и пропускать твердые предметы.

При работе измельчителя-смесителя корма загружаются в камеру 1 и попадают в зону взаимодействия ножей 6 верхнего яруса с режущими элементами ротора 5, где частично измельчаются. 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 следующего яруса, являясь более длинными, осуществляют дополнительное 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. При выходе на гладкий участок внутренней поверхности камеры, измельченные частицы кормов опять перемещаются вниз, встречая на своем пути зубчатые грани ножей 3 и режущих элементов 4 нижнего яруса, взаимодействующих между собой. В этом месте происходит окончательное измельчение частиц кормов вдоль волокон.

В процессе измельчения режущие элементы под действием силы резания постоянно колеблются, поворачиваясь на валу 14, автоматически выбирая оптимальные углы резания и обеспечивая равномерный износ режущих частей измельчителя-смесителя. При попадании в камеру 1 твердых посторонних предметов режущие элементы 6 отклоняются на большую величину, выходя за пределы внутренней поверхности камеры, обеспечивают свободное прохождение твердых предметов, предотвращая поломку режущих частей и их заклинивание.

В машину подают на смешивание предварительно измельченные

компоненты, причем перед этим снимают диаметрально расположенные пластины с противорезами и устанавливают деки. При необходимости доизмельчения компонентов смеси оставляют на месте три пакета противорезов и три зубчатые деки, чередуя их в окнах рабочей камеры.

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

Производительность машины, работающей на смешивании, может достигать 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.

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

Машина обеспечивает смешивание силоса, соломы, корнеплодов и комбикорма со степенью равномерности 80-90%; установленная мощность двигателя 39,2 кВт; частота вращения ротора 17с^{-1} ; габариты машины 1600 x 1090 x 1150 мм; масса с выгрузным транспортером 2200 кг. Обслуживает измельчитель-смеситель один рабочий.

Мобильные смесители-кормораздатчики. Широко распространены в США, Канаде, странах Западной Европы.

При использовании таких раздатчиков подготовка грубых и сочных кормов должна быть предусмотрена в хранилищах кормовой зоны или в период заготовки в поле.

Технологический процесс подготовки кормосмеси осуществляется следующим образом (рис.4.13).

Кормовые компоненты (сено, силос, комбикорма) загружают в бункер смесителя-раздатчика. Затем в него подают определенное количество патоки. Грубые корма измельчают до частиц размером не более 50 мм. Компоненты перемешивают в бункере при движении смесителя-раздатчика к месту выдачи кормов (продолжительность смешивания 5...7 мин).

До недавних пор наибольшее применение находили раздатчики с горизонтальными шнеками (рис. 4.14). Последние модели выпускаются со шнеками, оснащенными режущими элементами. Такой смеситель-измельчитель-раздатчик предназначен для приготовления и выдачи кормовых смесей из различных компонентов (зеленая масса, силос, сенаж, рассыпное и прессованное сено, солома, комбикорм, кор-

неплоды, брикетированные корма, твердые и жидкие кормовые добавки). Смешивание и измельчение компонентов кормовой смеси может производиться с применением взвешивающей системы машины.

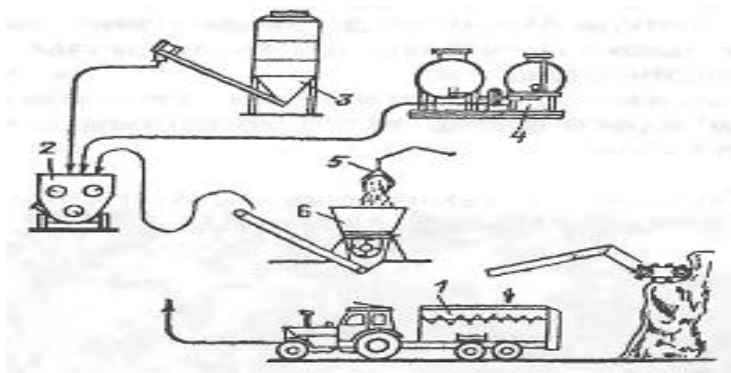


Рис. 4.13. Технологическая схема подготовки кормосмеси с использованием смесителя-раздатчика: 1,2-смеситель-раздатчик; 3-бункер хранения сухих комбикормов; 4-хранилище патоки; 5-грейферный погрузчик; 6-измельчитель грубых кормов

Обычно используется на животноводческих фермах, специализирующихся на разведении крупного рогатого скота и молочных фермах, но также может использоваться в овцеводстве и свиноводстве.

Смеситель-раздатчик является чаще всего полуприцепной машиной, управляется и обслуживается механизатором (трактористом).

Основными элементами машины являются бункер 4, рама 11, редуктор с планетарной передачей 12 и два горизонтальных шнека 5 и 10. Ходовой частью являются колеса 7. Агрегатируется с трактором посредством снлицы 1. Привод шнеков осуществляется от вала отбора мощности трактора карданным валом через редуктор 12, и цепные передачи. Редуктор имеет два входных вала. Нижний – вал приема мощности (основной), и верхний – вал реверса. Подключая карданный вал к тому или иному валу, получаем необходимое направление вращения шнеков миксера.

Гидросистема включает в себя гидродвигатель привода выгрузного транспортера 8, гидрораспределитель 3 и гидроцилиндр открывания и закрывания левого выгрузного окна. Право выгрузное окно открывается при помощи ручного рычажного механизма.

Электрическая схема включает в себя электронные весы 6 и тензометрические датчики, расположенные на осях колес и снлице миксе-

ра.

В отцепленном от трактора состоянии миксер опирается на регулируемую стояночную опору.

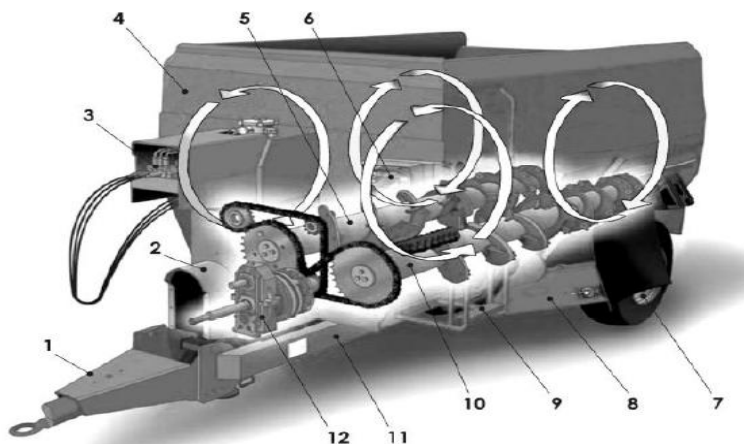


Рис. 4.14. Общий вид смесителя-раздатчика:

1 - сница; 2-кожух; 3-гидрораспределитель; 4-бункер; 5-шнек правый; 6-весы; 7-ходовая часть (колеса); 8-выгрузной транспортер; 9-лестница; 10-шнек левый; 11-рама; 12-редуктор с планетарной передачей и реверсом

В последнее время за рубежом и в России получают распространение мобильные *смесители-измельчители с вертикальным конусообразным шнеком*, расположенным в центре бункера конусообразной формы (рис. 4.15 и рис.4.16). Шнек снабжен ножами, установленными на его витках.

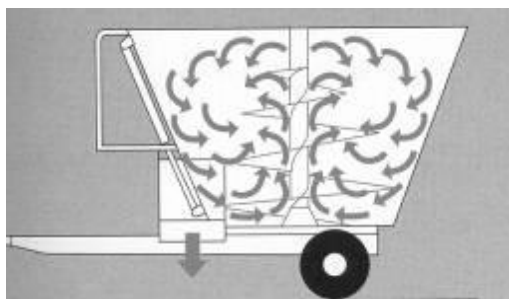


Рис. 4.15. Схема смешивания кормов в мобильном раздатчике с вертикальным шнеком

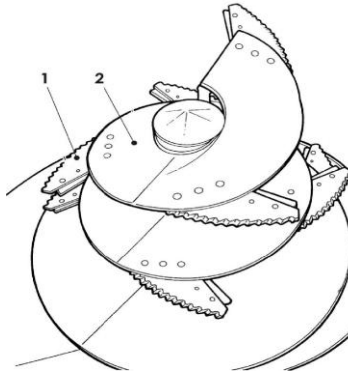


Рис. 4.16. Шнек измельчителя-смесителя:

1 – нож; 2 – конический шнек; 3 – винт крепления ножа; 4 – опора ножа

Такой рабочий орган обеспечивает разрыхление грубых кормов в рулонах и больших тюках, измельчение длинных стеблей, равномерное смешивание всех компонентов влажности 20-60%.

Кроме названных, преимуществами этих машин также являются: простота конструкций (имеется только один вращающийся вертикальный шнек); возможность загрузки бункера со всех сторон; большая приспособленность к переработке грубых кормов. 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.

Принцип смешивания «вулкан» (подъем материала по центру камеры) у измельчителей-смесителей с вертикальной конструкцией шнеков определяет необходимость соблюдать очередность загрузки сыпучих компонентов. В противном случае есть вероятность оседания сыпучих компонентов на днище и лопасти шнека, что приводит к неравномерному смешиванию кормов и их перерасходу.

Увлажнение корма при смешивании позволяет, кроме уменьшения объема, лучше связать между собой компоненты кормовой смеси.

Время измельчения и смешивания кормовой смеси составляет 10-15 мин.

Смесители для жидких компонентов. Рассмотрим в качестве примера оборудование для приготовления мелассы – смеситель мелассы СМ-1,7 (рис.4.17)

Он является комплексной установкой для приготовления водно-

го раствора мелассы с карбамидом, который добавляется в жом и грубые корма на фермах крупного рогатого скота. Смеситель состоит из комплекта технологического оборудования, в который входят смеситель, цистерна для приема и хранения расходного запаса мелассы, приемная воронка для слива мелассы из транспортных средств, фильтр, насос, трубопроводы, арматура и электрооборудование.

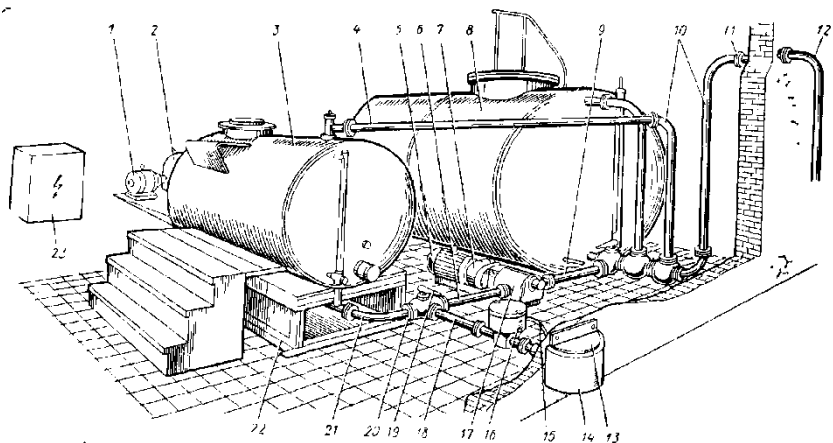


Рис. 4.17. Смеситель СМ-1,7:

1, 5 – электродвигатели; 2, 7 – редукторы; 3 – смеситель; 4 – трубопровод мелассы; 6, 9 – трубопроводы питания насоса; 8 – емкость; 10 – трубопроводы перекачки мелассы и раствора; 11 – трубопровод выдачи раствора; 12 – шланг; 13 – специальный болт; 14 – воронка; 15, 21 – колена; 16 – фильтр мелассы; 17 – шестеренный насос; 18 – трубопровод очищенной мелассы; 19 – рычаг; 20 – кран; 22 – рама; 23 – электрошкаф

Смеситель представляет собой металлическую емкость цилиндрической формы с одноальной мешалкой. На нем расположены патрубки для подключения трубопроводов горячей воды, мелассы, отбора готового раствора и горловина с крышкой для доступа в смеситель и загрузки карбамида. Количество раствора в смесителе контролируют по указателю уровня.

Цистерна мелассы оборудована внутри радиаторной батареей для подогрева и разжижения мелассы. Заполнение цистерны контролируют по указателю уровня.

Приемную воронку устанавливают снаружи здания в месте, удобном для приема. Воронка имеет два корпуса, между которыми

расположена паровая рубашка для подогрева корпуса и фильтр грубой очистки мелассы. Фильтр тонкой очистки состоит из двойного корпуса для подогрева паром, фильтрующей сетки и крышки с резиновой прокладкой.

Мелассу и готовый раствор перекачивает насос НШП-20-59. Он имеет собственный электродвигатель, смонтированный на одной плите с насосом. Для подогрева рабочей камеры насоса и его сальников при засахаривании предусмотрен подвод пара через резьбовые отверстия в крышках.

4.3. Предприятия по приготовлению кормовых смесей

4.3.1. Кормоцехи для приготовления влажных кормосмесей

В настоящее время на смену устаревшим стационарным кормоцехам приходят разнообразные модели многофункциональных мобильных смесителей-кормораздатчиков (миксеров), активно применяемых для механизации процессов приготовления и раздачи кормовых смесей. Представляя собой «кормоцех на колесах», это техника обеспечивает комплексное решение процессов приготовления, транспортировки и раздачи кормов и позволяет обслуживать за смену сразу несколько помещений для животных, удаленных друг от друга.

При этом отпадает необходимость строительства капитальных сооружений, приобретения отдельно смешивающего и транспортного оборудования. Переход на кормление крупного рогатого скота смесями, приготовленными в мобильных смесителях-кормораздатчиках, позволяет практически полностью исключить ручной труд и добиться высокой продуктивности стада при относительно невысоких инвестиционных затратах. При наличии системы весового дозирования смесители-кормораздатчики обеспечивают быстрое приготовление и раздачу сбалансированных кормосмесей, что является еще одним преимуществом для создания конкурентоспособного животноводческого предприятия. При этом каждая кормовая группа животных получает свой рацион с точным весовым дозированием отдельных компонентов.

Однако данная технология не позволяет использовать в зимних условиях корнеклубнеплоды и жидкие питательные растворы. Поэтому отказаться полностью от кормоцехов или пунктов подготовки к скармливанию отдельных компонентов кормосмеси невозможно. Кормоцехи возрождаются, но на новой технологической основе, с полной автоматизацией всех технологических операций приготовления кормосмеси.

В качестве примера рассмотрим автоматизированные линии

подготовки и раздачи кормов «OptimatМастер», предлагаемая фирмой DeLaval для ферм крупного рогатого скота.

Компания DeLaval предлагает модульную систему Optifeeding™ для автоматизации разных способов кормления, которая может быть адаптирована к любой системе содержания животных и любому поголовью стада. Благодаря использованию модульной системы Optifeeding™ повышается качество кормления стада: готовится более качественная кормовая смесь, улучшается усвояемость кормов, увеличивается кратность суточной дачи свежего корма. Система Optifeeding™ загружает, измельчает, смешивает и распределяет корма, при этом некоторые операции автоматизированы. Она позволяет животноводам соблюдать нужный баланс кормов для каждой коровы или группы коров в соответствии с этапами лактационного цикла. Оптимизация приготовления и раздачи кормов помогает коровам в полной мере реализовать свой генетический потенциал. Все эти факторы способствуют повышению продуктивности и улучшению здоровья животных. Кроме того, система позволяет контролировать затраты на корма, повысить гибкость рабочих процедур, минимизировать количество отходов и затраты энергии.

Компания DeLaval с данной системой кормления предполагает, что можно, шаг за шагом, повышать уровень автоматизации приготовления и раздачи кормосмесей.

Для кормления концентратами и полнорационными кормовыми смесями можно использовать как отдельные системы, так и комбинированные. Ниже приводятся примеры разного уровня автоматизации:

Optimat™ Мобильный (рис. 4.18) автоматически загружает концентрированные корма с помощью кормошnekовых трубопроводов из накопительных бункеров в прицепные кормосмесители.



Рис. 4.18. Optimat™ Мобильный

Система сама контролирует порядок загрузки концентратов и

взвешивает необходимое количество.

Грубые корма (силос, сенаж) грузятся тем же способом, каким он обычно выполняется на данной ферме. В результате, приготовленная кормосмесь имеет точное количество добавок. Особенно это важно при использовании дорогостоящих концентрированных кормов.

Optimat™ Кормовой центр (рис. 4.19). Это большая «кухня», в центре которой располагаются стационарный кормосмеситель и бункеры для концентратов. Обеспечивает централизованное приготовление полнорационных кормовых смесей в больших объемах. Загрузка грубых кормов (силоса, сенажа) в стационарный кормосмеситель производится с помощью традиционных погрузчиков. Точное количество концентратов загружается автоматически. Приготовленная кормосмесь доставляется на несколько ферм или в коровники одной фермы с помощью самых простых прицепных кормораздатчиков.



Рис. 4.19. Optimat™ Кормовой центр

Optimat™ Стандарт (рис. 4.20) готовит и раздает кормосмеси автоматически. Стационарный кормосмеситель заполняется обычным погрузчиком.

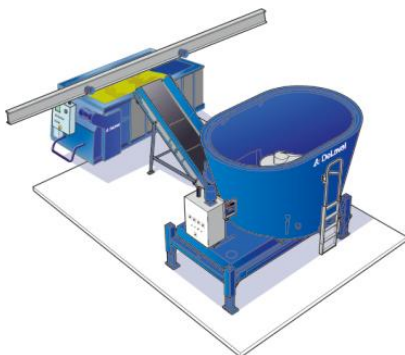


Рис. 4.20. Optimat™ Стандарт

Кормовой конвейер загружает приготовленную кормосмесь в подвесной рельсовый кормораздатчик, раздающий кормосмесь коровам. Основные преимущества – частое кормление маленькими порциями с помощью автоматического кормовагона и экономия энергоносителей в сравнении с использованием прицепного кормораздатчика.

Optimat™ Мастер (рис. 4.21). Это полная автоматизация всех процессов кормления. «Сердце» автоматической системы – стационарный кормосмеситель. Загрузка грубых кормов (силоса, сенажа) производится один раз в начале дня на промежуточные загрузочные столы. Дальнейшие процессы подачи различных ингредиентов корма в смеситель, их взвешивание и смешивание осуществляются с помощью автономной системы с программным обеспечением, раздача осуществляется автоматически с помощью подвесного рельсового кормораздатчика. Главное преимущество, это увеличение частоты кормления маленькими порциями свежего корма, а также приготовление кормосмеси в точном соответствии с рецептурой рациона.



Рис. 4.19. Optimat™ Мастер

Возможности и комплектация системы Optifeeding представлены в таблице 4.6.

Табл. 4.6. Возможности системы Optifeeding компании DeLaval

Для приготовления и раздачи корма: фуража, кормосмеси, концентратов	Optifeed Концентраты	Optimat Мобильный	Optimat Кормовой центр	Optimat Стандарт	Optimat Мастер
Автоматически:					
- загрузка концентратов		x	x		x

Продолжение табл 4.6

- загрузка основных кормов					х
- перемешивание			х	х	х
- раздача	х			х	х
Состав системы Optifeed:					
- бункер для концентратов	х	х	х		х
- прицепной кормосмеситель			х	х или обычный кормораздатчик	
- стационарный кормосмеситель (с кормовым конвейером)			х	х	х
- загрузочные столы для основных кормов					х
- подвесной рельсовый кормораздатчик для фуража кормосмеси (кормовагон)				х	х
Раздача дополнительных концентратов с помощью:					
- подвесного рельсового кормораздатчика концентратов	х	по доп. заказу		по доп. заказу	по доп. заказу
- кормление в доильном зале	х	по доп. заказу	по доп. заказу	по доп. заказу	по доп. заказу
- станции кормления концентратами	х	по доп. заказу	по доп. заказу	по доп. заказу	по доп. заказу

Технические характеристики оборудования, входящего в эти системы, а также системы для кормления овец и коз можно найти на сайте компании DeLaval ([http:// delaval. ru](http://delaval.ru)).

4.3.2. Комбикормовые цехи и агрегаты

Для птицы используют сложные комбикорма, которые целесообразно покупать на рынке или строить свои комбикормовые заводы с полной технологией и большой мощности. В то же время для крупного рогатого скота и свиней требуются относительно несложные по составу комбикорма, которые можно производить непосредственно на ферме при условии покупки заводских премиксов. Тенденции использования зерна собственного производства для приготовления комбикормов прослеживаются в России и других странах, так как позволяют готовить корм по индивидуальной рецептуре, даёт уверенность в качестве сырья, устраняет транспортные расходы и обеспечивает более гибкий подход в производстве комбикормов.

Комбикорм представляет собой сложную смесь кормовых средств (очищенных, измельченных в требуемой степени), составленную по научно-обоснованным рецептам и обеспечивающую наиболее эффективное использование содержащихся в кормах питательных веществ. Число основных ингредиентов, входящих в состав комбикорма, составляет от 5 до 12, не считая микродобавок. При этом меньшее число составляющих имеют комбикорма для крс и большее – для птицы. В состав микродобавок входят аминокислоты, витамины, микроэлементы, антибиотики, биостимуляторы и лечебно-профилактические препараты; число ингредиентов в них достигает 30-50 и выше.

В современных рационах доля концентрированных кормов по питательности составляет: для крс – 20...30% и выше, для свиней – 60...100%, для птиц – 80...100%.

Основа комбикормов – измельченные зерновые смеси, составляющие до 80% от общей массы комбикормов.

Производство комбикормов непосредственно в коллективных или фермерских хозяйствах позволяет экономить на транспортных расходах, избежать потерь зерна при перевозках, в нужной мере использовать собственное сырье. Если при этом еще использовать покупные белково-витаминно-минеральные концентраты (БВМК), то можно получить комбикорм высокого качества, в полной мере отвечающий физиологическим потребностям крупного рогатого скота, свиней, овец и других сельскохозяйственных животных.

Себестоимость комбикормов собственного производства суще-

ственно ниже, чем стоимость покупных комбикормов, произведенных на крупных комбикормовых заводах.

Рассмотрим два типа комбикормовых агрегатов, имеющих разные схемы построения технологического процесса.

Комбикормовые установки серии КУ, КЛАД, ПРОК, ДОЗА практически одинаковы по своей конструкции и принципу работы и состоят из молотковой дробилки с приемным бункером, вертикального шнекового смесителя с бункером для приема и смешивания премиксов и БМВД с измельченным основным зернопродуктом, электропривода и пульта управления. Все комбикормовые установки оборудованы устройством для улавливания камней и металлопримесей. В зависимости от марки и комплектации производительность мини-заводов составляет от 150 до 1300 кг/час.

Установка ДОЗА содержит (рис.4.20): трубопровод для забора фуражного зерна, дробилку, бункер-смеситель с приемной воронкой для премиксов и БМВД. На бункер смесителя навешан фильтр для пыли. В конической нижней части бункера вварен патрубок для выгрузки комбикорма.

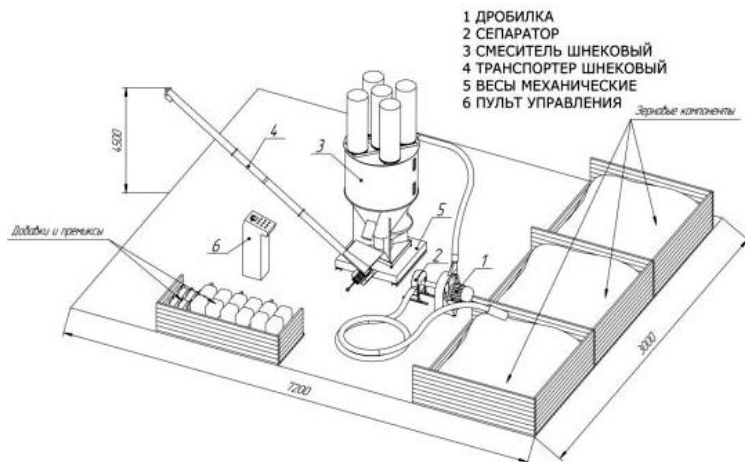


Рис. 4.20. Расположение оборудования ДОЗА на производственной площадке

Технологический процесс приготовления комбикорма осуществляется следующим образом. Фуражное зерно засасывается в сепаратор, из которого после отделения от возможных металлических при-

месей и камней поступает в молотковую дробилку. Там оно просеивается до требуемой фракции и за счет напора, создаваемого вентилятором дробилки, измельченный продукт подается по кормопроводу в бункер смесителя. Одновременно в приемную воронку засыпаются минеральные добавки, которые захватываются шнеком, транспортируются вверх и одновременно перемешиваются в трубе с основным кормом. Сверху смесь сыпается вниз, и цикл длится 15-20 минут, после чего кормосмесь выгружают через выгрузной патрубок. Пыль, образующаяся при дроблении и смешивании, улавливается фильтром-пылесборником.

На установке занято два оператора. Один занимается с пневмотранспортером для забора фуражного зерна из буртов, а другой управляется со смесителем.

Комбикормовый агрегат «Алтай». Основным оборудованием комплекса являются опытные образцы молотковой дробилки-смесителя, вибрационного смесителя, и многокомпонентного вибрационного дозатора, описание которых представлено выше.

Комплект оборудования комбикормового виброударного агрегата предназначен для приготовления комбикормов в условиях фермерского хозяйства или другого сельскохозяйственного предприятия из местного сырья с использованием покупных или приготовленных в цехе добавок (БВМК) В состав комбикорма могут входить любые зернофуражные компоненты, жмых, отходы зерноперерабатывающих и крупяных производств, представляющие сыпучие материалы, а также гранулированные корма. Комплект оборудования для вибро-ударной технологии приготовления комбикормов может обеспечить производительность до 2,5т/ч рассыпных комбикормов.

Технологический процесс построен на следующих основных принципах:

- максимальное сокращение транспортных операций и совмещение их с
- технологическими;
- поточная технология обработки основных ингредиентов, обеспечивающая требуемую производительность и минимальные затраты энергии,металла, топлива, труда;
- применение объемного принципа дозирования при приготовлении комбикорма и весового - при подготовке БВМК, что позволяет удовлетворить зоотехнические требования при использовании несложного по устройству оборудования;
- широкое использование интенсифицирующих рабочих органов

вибрационного и ударного принципа действия.

Технологический процесс приготовления рассыпных комбикормов включает следующие основные операции:

- прием, очистка исходного сырья;
- подача и распределение компонентов по отсекам наддозаторного бункера;
- объемное непрерывное и одновременное дозирование зерновых всех ингредиентов комбикормов;
- взвешивание, подача в смеситель витаминно-минерального сырья и его смешивание с наполнителем (при необходимости);
- измельчение ингредиентов с их одновременным смешиванием;
- подача полученного комбикорма в бункер готовой продукции;
- хранение и выдача комбикормов.

Агрегат (рис. 4.21) содержит следующее основное оборудование: бункер для накопления исходных зерновых компонентов, включающий коническую 1 и цилиндрическую части; два четырехкомпонентных дозатора 2 и 6 вибрационного типа; молотковую дробилку 3 с вертикальной осью ротора; пробоотборник 4; шнек-смеситель 5; бункер 7 для сыпучих компонентов; магнитную колонку 8; нории 9 и 13; бункер готовой продукции 10, распределительное устройство 12, завальную яму 14.

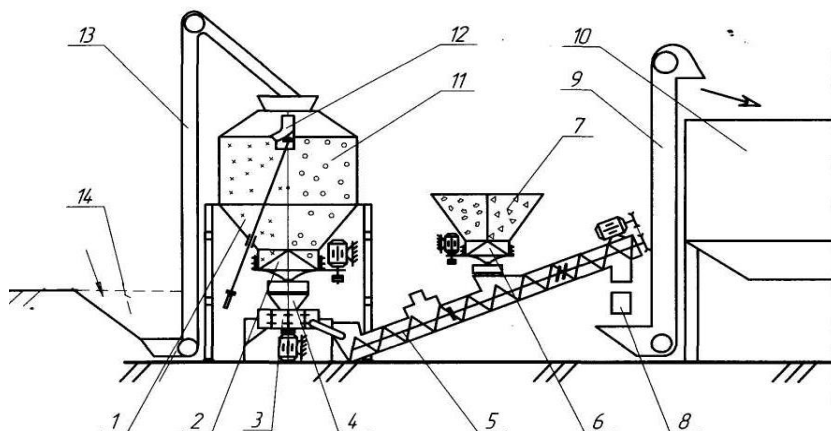


Рис. 4.21. Технологическая схема цеха по производству комбикормов «Алтай»

Прием зернового сырья осуществляется от самосвального авто-

транспорта, при разгрузке которого компоненты поступают в завальную яму 14, где происходит очистка от крупных примесей. С этой целью завальная яма снабжена в верхней части решеткой. Затем норией 13 компоненты поднимаются вверх и затем распределяются по четырем отсекам бункера 11. Распределение осуществляется при помощи поворотного устройства 12.

Объемное дозирование компонентов обеспечивает вибрационный четырехкомпонентный дозатор 2. Все компоненты выводятся через одно центральное отверстие виброднища дозатора, благодаря чему они предварительно смешиваются между собой. Под действием гравитационных сил эта смесь попадает в дробилку фуражного зерна 3, где измельчается и одновременно перемешивается.

Подача каждого из четырех зерновых компонента регулируется независимо друг от друга. Проверка настройки дозатора осуществляется при помощи взятия проб с помощью пробоотборника 4.

Подача каждого из четырех зерновых компонента регулируется независимо друг от друга. Проверка настройки дозатора осуществляется при помощи взятия проб с помощью пробоотборника 4.

В дозатор 6 подаются измельченные компоненты (жмых, отруби), а также БВМК. С этой целью наддозаторный бункер 7 разделен также на четыре отсека.

При необходимости смешивания БВД с наполнителем или приготовления кормолекарственного премикса используют вибрационный смеситель. Он работает автономно, поэтому на рисунке не показан. Полученный в этом смесителе материал засыпается вручную в этот же бункер 7.

Окончательное смешивание всех без исключения компонентов осуществляется шнеком смесителем 5. Выходящий из него комбикорм проходит через магнитную колонку 8, очищается от металломагнитных примесей и поступает в бункер готовой продукции 10, откуда идет ее отгрузка на фермы.

При производительности 2,5 т/ч данный цех имеет установочную мощность всего в 23 кВт. Качество измельчения, дозирования и смешивания соответствует зоотехническим требованиям. Обслуживает агрегат один рабочий.

4.5.1. Методика расчета кормоцехов

Речь идет о расчете предприятий по выпуску влажных и сухих (комбикорма) кормосмесей.

Исходной информацией для расчета кормоцехов являются

данные по суточной q_c или годовой q_g потребности в кормах по группам животных. В справочниках достаточно найти один из этих показателей.

Тогда для всей фермы или комплекса со шлейфом имеем формулы для суточной Q_c или годовой Q_g потребности в кормосмеси:

$$Q_c = q_{c1}N_1 + q_{c2}N_2 + \dots + q_{cn}N_n ;$$

$$Q_g = q_{g1}N_1 + q_{g2}N_2 + \dots + q_{gn}N_n ,$$

где N_1, N_2, \dots, N_n – число животных в каждой половозрастной группе;

n – число групп животных.

Часовую производительность (кг/час) кормоцеха можно найти по одной из следующих формул:

$$Q = \frac{Q_c}{t \cdot \eta} ;$$

$$Q = \frac{Q_g}{D \cdot t \cdot \eta} ,$$

где t – время работы цеха в сутки (обычно для комбикормовых цехов $t = 8$ час; для цехов, выпускающих влажные кормосмеси, 2-3 смены по 2-4 часа, т.е. $t = 6-8$ час);

η – коэффициент использования времени смены, $\eta = 0,85-0,90$.

D – число дней работы цеха в году (для комбикормовых цехов $D=255$ – число рабочих дней в году; для цехов влажных кормосмесей – число дней стойлового периода $D = 210-255$).

Часовые производительности $Q_{.ij}$ отдельных технологических линий цеха определяют по формуле

$$Q_{.ij} = \frac{Q \cdot \alpha}{100} ,$$

где α – максимально возможная доля кормового компонента, %.

При проектировании комбикормовых цехов значения α принимаются такими (%): 88 – фуражное зерно (в т.ч. подлежащее шелушению - 30); 30 – мучнистого; 7 – минерального; 3 – карбамида; 10 – мелассы, жира и других жидких компонентов; 10 – жмыхов и шротов. При производстве полнорационных кормосмесей расчетное количество грубых кормов принимается равным 70%.

Наибольшая доля компонента при выработке влажных кормо-

смесей зависит от вида и возраста животного. Например, для высокоудойных коров коэффициент α (%) равен: 14 – сено; 15 – сенаж; 23 – силос кукурузный; 35 – корнеклубнеплоды; 13 – концентрированные корма.

По полученной производительности линии Q_l выбирают машины (из условия $Q_m > Q_l$). Если одной машины недостаточно, то выбирают 2 или 3 машины.

Производительность линии смешивания должна быть не менее Q – производительности кормоцеха в целом.

Необходимый объем бункеров и накопителей-дозаторов для каждой технологической линии должен соответствовать тому виду и количеству корма, который хранится и перерабатывается на данной линии.

Вместимость емкостей рассчитывается по формуле

$$V = \frac{Q_c \cdot t_{xp} \cdot \alpha}{\rho \cdot \varphi}, \text{ м}^3$$

где t_{xp} - число суток хранения корма, т.е. расчетный запас сырья в сутках (3 - зерно, концентраты; 0,5 - силос, сенаж, солома, 1 - корнеклубнеплоды);

ρ - плотность корма, кг/м³;

φ - коэффициент заполнения бункера (для зерна $\varphi = 0,8 - 0,9$; мучнистого сырья $\varphi = 0,7 - 0,8$).

После выбора оборудования следует построить график работы цеха, определить расход электроэнергии, тепла, воды, пара и т.д.

5. Механизация раздачи кормов

5.1. Требования к процессу раздачи кормов.

Классификация корм раздающихся устройств.

Раздача кормов представляет собой трудоемкий и часто маломеханизированный процесс в животноводстве. Трудоемкость раздачи корма составляет 30...40% общих затрат времени обслуживания животных и птицы.

Животных кормят 2...3 раза в сутки в зависимости от их возраста и типа кормления. Молодняк кормят 3 раза. Раздача корма в помещении производится не более 30 мин. мобильными средствами и 20 мин. стационарными раздатчиками. Температура выдаваемых кормов не должна превышать 40⁰С.

Кормораздатчики должны быть универсальны (для различных кормов), просты по устройству, надежны и удобны в эксплуатации. При этом они должны обеспечивать:

- нормированную раздачу корма в необходимых пределах с допустимыми отклонениями от нормы;

- равномерность раздачи корма мобильными средствами для КРС не менее 85%, для свиней - 90%; стационарными раздатчиками для свиней при индивидуальном дозировании - 95%, при групповом - 90%, при весовом дозировании - 98 %;

- невозвратимые потери кормов в процессе раздачи до 0,15%, а потери, которые могут быть собраны после раздачи кормов, не выше 1...2% общего их количества;

- механизированную очистку кормушек от остатков корма у стационарных раздатчиков;

- раздачу кормов другими средствами на случай длительной останковки раздатчика.

Кроме указанного, современные системы приготовления и раздачи кормов должны отвечать следующим принципам: доступность для животных, гигиеничность, беспрепятственное поступление корма, эргономичность, удобство обслуживания.

Кормораздатчики различают по виду и консистенции выдаваемых кормов, типу кормонесущего органа, роду привода и т.д.

Для раздачи жвачным животным стебельных и сочных кормов и приготовленных на их основе смесей в основном используют бункерные мобильные смесители - раздатчики. Концентрированные корма раздают при доении коров, применяя раздатчик, а иногда вручную, используя тележки.

Классификация кормораздатчиков, составленная по разработкам, представлена на рис.5.1. При всем многообразии их конструктивных решений определяющими факторами являются технологические, обусловленные физико-механическими свойствами кормовых материалов, физиологическими требованиями того или иного вида животных и их половозрастными особенностями. Поэтому при решении вопроса о выборе конкретного - кормораздатчика необходимо прежде всего определить, для какого вида кормов он предназначен. Наряду с универсальными широко используются и узкоспециализированные машины, предназначенные для раздачи только сухих, легкосыпучих кормов, влажных мешанок (65- 75 %) технология кормления животных разных видов и возрастов требуют применения кормов определенной консистенции и влажности, поэтому многие типы кормораз-

датчиков рассчитаны на эксплуатацию только на фермах отраслевого характера (крупного рогатого скота, свиноводческих, птицеводческих и др.).

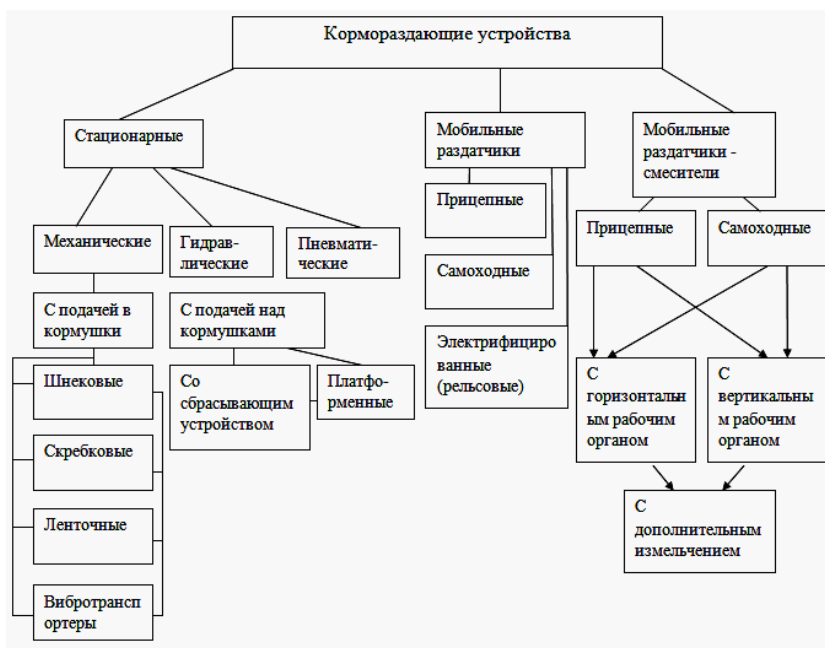


Рис. 5.1. Классификация кормораздатчиков

Кормораздатчик выполняет две операции: перемещение (транспортировку корма от места загрузки до точки выдачи) и дозированное распределение его вдоль фронта кормления с выдачей в кормушку порции, равной установленной норме. Функция дозированного распределения является главной, и это отличает кормораздаточные устройства от обычных транспортирующих средств. Именно этим фактором обусловлено многообразие конструкций кормораздатчиков, разработанных с учетом различных типов животноводческих помещений, систем и способов содержания животных и птицы, физико-механических свойств кормов и особенностей кормления. По характеру рабочего процесса все кормораздатчики делятся на два типа: стационарные и мобильные. В свою очередь мобильные могут быть прицепными, и самоходными, а стационарные, в зависимости от типа кормонесущего органа - механическими, пневматическими, гидравлическими и гравитационными (самотечные).

Выбор способа и средств раздачи кормов зависит от принятого метода обслуживания животных. Если оно построено на индивидуальном подходе, то линия кормления должна обеспечивать выполнение основного требования индивидуального метода обслуживания - дифференцированное кормление в зависимости от продуктивности, физиологического состояния животных и ряда других признаков.

В отличие от стационарных мобильные кормораздатчики обеспечивают более высокую надежность технологического процесса, так как в случае выхода одного из них из строя его легко заменить исправным. Мобильный кормораздатчик может обслуживать не одну группу животных, а несколько или даже весь комплекс. Однако для его работы требуются широкие сквозные проезды, что приводит к нерациональному использованию дорогостоящих помещений и ухудшению условий обеспечения микроклимата.

5.2. Технические средства раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота

5.2.1. Основные схемы раздачи

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.

Стационарные машины имеют ряд существенных недостатков. Прежде всего, они не обеспечивают 100%-ной надежности технологического процесса, а их резервирование в условиях животноводческих ферм практически исключено.

Технологические линии с такими машинами обычно громоздки, материалоемкие и энергоемкие, требуют больших эксплуатационных затрат на поддержание их в работоспособном состоянии.

К недостаткам стационарных установок следует отнести также низкий коэффициент использования сложного и дорогостоящего оборудования. К примеру, кормораздаточные транспортеры работают всего несколько минут утром и столько же вечером. Тем не менее, такие кормораздатчики широко применялись в советское время и до сих пор сохранились на старых фермах.

Лучшие показатели имеют *мобильные машины*. Если металло-

емкость стационарных раздатчиков составляет 38-40 кг на 1 м фронта кормления, то мобильных - 9,3 кг. Мобильный кормораздатчик может обслуживать не одну, как стационарный транспортер, группу животных, а несколько или всю ферму. В случае выхода из строя одного раздатчика его легко заменить исправным. Мобильные машины более универсальны, маневренны, легче приспособляются к изменениям технологии.

Большие недостатки присущи также и комбинированным системам, когда часть операций процесса осуществляется мобильными машинами, а часть - стационарными установками.

С целью полной механизации процесса раздачи кормов многими учеными нашей страны еще в 70-80-х годах установлена эффективность скармливания кормов в виде полнорационных кормовых смесей, что в последние годы подтверждают исследования ученых западных стран:

при скармливании основных кормов, соломы и других отходов полеводства в виде измельченной равномерно смешанной кормосмеси, по многим данным, увеличиваются поедаемость и усвояемость кормов и, как следствие, продуктивность коров до 12%;

сокращается кратность кормления животных;

обеспечивается полная механизация раздачи кормов;

обеспечивается возможность нормированного скармливания кормов, в том числе и различных микродобавок.

- При использовании кормосмесей значительно возрастает поедаемость корма. Возможность измельчать и смешивать отдельные компоненты позволяет улучшить вкусовые качества кормосмеси и сбалансировать рацион кормления, что в свою очередь благоприятно воздействует на состояние животных. Стало возможным составлять целевой рацион для отдельных групп животных.

- Осуществление загрузки, перемешивания и раздачи кормов за один технологический прием при малой потребной мощности существенно дает возможность экономить трудозатраты и на 50% потребление энергии.

- Переход на кормление кормосмесями позволяет полностью механизировать раздачу кормов и повысить продуктивность животных за счет лучшей их усвояемости.

- В последнее время широкое распространение получили раздатчики-смесители, оснащенные шнеками с ножами, которые в процессе смешивания обеспечивают доизмельчение стеблей и грубых частиц кормов. Применение этих машин в кормоцехах позволяет по-

лучить кормосмеси с весовым дозированием компонентов и завершает определенный этап развития кормоцехов в нашей стране.

- Таким образом, использование новейших конструкций раздатчиков-смесителей как в стационаре, так и в режиме «кормоцех на колесах» создает хорошие предпосылки для группового нормированного (контролируемого) кормления коров сбалансированными по всем питательным веществам кормосмесями, ориентированными на достижение максимальной продуктивности животных.

- В условиях нашей страны один раздатчик-смеситель может обслуживать до 600 коров и более, а рационы могут включать, кроме силоса и грубых кормов в рулонах, также грубые корма россыпью

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 в кормушки или 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, концентратов 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, заблокированным с коровником.* Готовая кормосмесь перегружается в подвесной рельсовый кормораздатчик, который сразу же перемещается в коровник и раздает корма.

По этой схеме работает автоматизированная линия подготовки

и раздачи кормов «Optimat Мастер», предлагаемая фирмой DeLaval.

5.2.2. Стационарные раздатчики

В нашей стране на фермах крупного рогатого скота наибольшее распространение получили ленточные и цепочно-скребковые раздатчики кормов. Ленточные и цепочно-скребковые транспортеры используются для групповой равномерной раздачи кормов, а транспортеры с кормушками - для индивидуальной дозированной выдачи кормов каждому животному. Основным преимуществом последних является то, что они универсальны по выдаче различных видов и консистенций кормов, а недостатком - большие металлоемкость и громоздкость. За рубежом, особенно в США, корма крупному рогатому скоту и другим животным преимущественно раздают стационарными шнековыми кормораздатчиками. Достоинством шнековых кормораздатчиков является простота их устройства и обслуживания, при этом они обеспечивают одновременно транспортировку корма, его перемешивание и дозирование. Основным недостатком этих кормораздатчиков является то, что они не гарантируют качество раздачи корма, если длина частиц больше 50 мм.

Рассмотрим наиболее известные конструкции стационарных раздатчиков кормов для крупного рогатого скота (рис.5.2).

Кормораздатчик ленточный РВК-Ф-74-1 (рис.5.2, а) предназначен для раздачи грубых кормов, силоса, сенажа, зеленых кормов, брикетов и влажных кормосмесей коровам и молодняку крупного рогатого скота в полуавтоматизированном режиме работы.

Кормораздатчик РВК-Ф-74-1 обслуживает до 50 коров. Он состоит из групповой кормушки 3, на дне которой уложена лента 6. Концы ленты соединены цепью, которая располагается под дном кормушки. Лента с цепью приводится в действие от приводной станции 2 с приводным барабаном 1. На другом конце раздатчика находится натяжная станция с барабаном 8 и приемным бункером 7 корма. При включении привода лента начинает передвигаться и на нее дозированно, например кормораздатчиком типа КТУ-10А, выдается корм 4.

При достижении последнего кормового места лента останавливается с помощью концевого выключателя, а после поедания корма животными возвращается в исходное положение, вынося остатки несъеденного корма под приемный бункер. Достоинством этого кормораздатчика являются простота конструкции, обслуживания и высокая надежность в работе, а недостатком - необходимость ограждения кормушки от поедания первых порций корма животными при движении

ленты, что вызывает необходимость устройства защитного ограждения. Кормораздатчик КВД-Ф-1 по назначению, устройству и принципу работы аналогичен кормораздатчику РВК-Ф-74-1, но имеет спаренную кормушку в виде желоба.

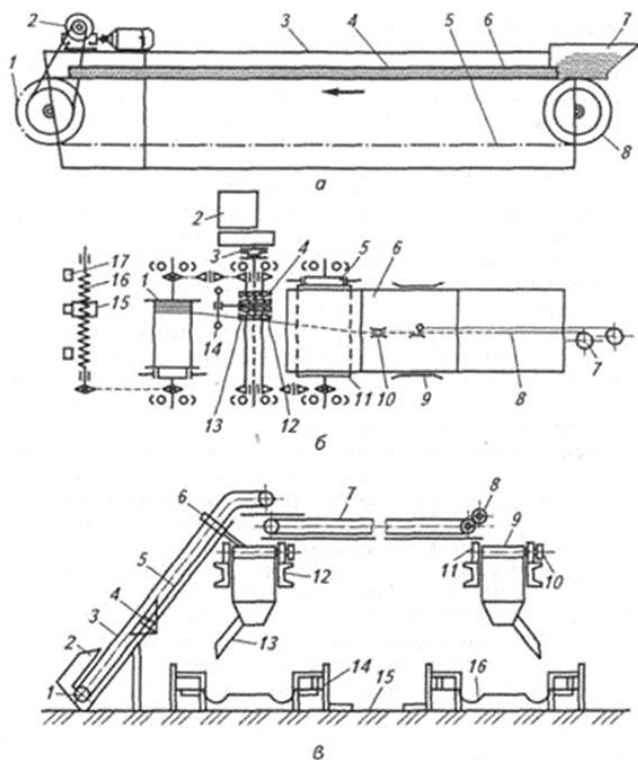


Рис. 5.2. Схемы ленточных кормораздатчиков:

а - РВК-Ф-74-1: 1 - приводной барабан; 2- приводная станция; 3- кормушка; 4- корм; 5 - цепь; 6- лента; 7- загрузочный бункер; 8- натяжной барабан; б - КЛЮ-75: 1 - нижний барабан; 2- мотор-редуктор; 3, 13- муфты; 4, 12 - кулачковые полумуфты; 5 - тормозное устройство; 6- лента; 7- каретка с блоками; 8 - тяговый канат; 9, 10- направляющие; 11- верхний барабан; 14- механизм переключения; 15- гайка; 16- винт; 17- концевой выключатель; в - РК-50: 1 - приводной барабан; 2 - загрузочный лоток; 3 - лента; 4 - натяжное устройство; 5- наклонный транспортер; 6- кронштейн; 7- поперечный транспортер; 8 - привод поперечного транспортера; 9 - транспортер-раздатчик; 10 - коноид; 11 - ходовые катки; 12- направляющие; 13 - поворотный направляющий лоток; 14 - стойла; 15 - навозный проход; 16 – кормушки

Кормораздатчики КЛО-75 с односторонним и *КЛК-75* с двусторонним подходом животных предназначены для раздачи измельченных грубых и сочных стебельных кормов и их смесей крупному рогатому скоту, а также удаления остатков несъеденного корма из кормушек. Особенностью этих кормораздатчиков является то, что в качестве раздающего органа в них использована стальная лента толщиной 1 мм. Она дешевле резинотканевой и долговечнее в работе. *КЛК-75* отличается от *КЛО-75* практически только размерами и режимами работы. Кормораздатчик *КЛО-75* обычно используется при привязном содержании крупного рогатого скота, а *КЛК-75* — при беспривязном.

Кормораздатчик *КЛО-75* (рис. 5.2, б) включает в себя приводную станцию, состоящую из мотор-редуктора 2, верхнего барабана 11 для наматывания ленты 6 и нижнего 1 для наматывания тягового каната (троса) 8 с помощью направляющих 9 и 10 соответственно для ленты и каната. Канат перекинут через блоки каретки 7. Управление работой кормораздатчика осуществляется при помощи механизма переключения 14 с использованием муфт 3 и 13, полумуфт 4 и 12, винтовой пары с винтом 16 и гайкой 15, а также концевых выключателей 17. Кормораздатчик снабжен тормозным устройством 5, которое препятствует самопроизвольному разматыванию ленты.

В процессе раздачи корма тяговый канат наматывается на нижний барабан, а лента сматывается с верхнего барабана. При этом на ленту дозированно подается корм, например кормораздатчиком типа *КТУ-10А*. При достижении лентой противоположного конца кормушки привод кормораздатчика отключается с помощью концевого выключателя. После окончания кормления оператор переключает кормораздатчик на обратный ход. При этом лента наматывается на верхний барабан и с нее счищаются остатки корма специальным плужком. После завершения обратного хода привод кормораздатчика автоматически отключается при помощи второго концевого выключателя.

Кормораздатчик *РК-50* предназначен для раздачи измельченных грубых и сочных кормов, а также влажных смесей крупному рогатому скоту. Кормораздатчик рассчитан на 100 или 200 голов. Он устанавливается в среднем поперечном проходе животноводческого помещения.

На рис. 5.3, показана *схема кормораздатчика РК-50* исполнения на 200 голов. Он состоит из двух транспортеров-раздатчиков 9, поперечного 7 и наклонного 5 ленточных транспортеров. Транспортер-раздатчик устанавливается над сдвоенными кормушками при беспривязно-боксовом содержании крупного рогатого скота или над кормушками с кормовым проходом 0,7 м при привязном содержании на

высоте соответственно 1,6 и 2,6 м и передвигается на ходовых катках 11 по направляющим 12. В нижней части транспортера-раздатчика находится поворотный направляющий лоток 13, который сбрасывает корм в кормушки 16. При раздаче корма в спаренные кормушки поворотные направляющие лотки снимаются.

Поперечный транспортер 7 имеет привод 8 и располагается над транспортерами-раздатчиками. Длина его выбирается с учетом ширины кормового прохода или спаренной кормушки, двух длин стойла 14 и ширины навозного прохода 75.

Наклонный транспортер 5 устанавливается на кронштейне 6 таким образом, чтобы обеспечить загрузку поперечного транспортера 7 кормом. Он имеет приводной барабан 1, загрузочный лоток 2, ленту 3 и натяжное устройство 4. Загрузочный лоток располагается в кормовом тамбуре.

Система кормораздачи работает следующим образом. Обычно подготовленный к раздаче корм подвозят мобильными кормораздатчиками и по сигналу оператора дозированно подают в лоток наклонного транспортера. Наклонный транспортер подает корм на поперечный, который, в свою очередь, за счет реверса - на один из транспортеров-раздатчиков. Как только корм начал поступать на транспортер-раздатчик, оператор включает его в работу, и лента начинает двигаться. При этом автоматически за счет коноида 10 начинает перемещаться и транспортер-раздатчик, сбрасывая корм с ленты в кормушки через поворотный направляющий лоток. При движении в обратном направлении заполняется транспортером-раздатчиком вторая кормушка из этого же ряда. Затем изменяют положение поворотных направляющих лотков и осуществляют раздачу корма в другие кормушки. Звуковой сигнал о прекращении раздачи корма подается автоматически.

Линия раздачи кормов с транспортером-раздатчиком, аналогичная РК-50, содержит ленточный подающий транспортер ТЛК-20, распределительный транспортер ТРК-20 и транспортер-раздатчик ТРЛ-100А. Ее особенностью является то, что корм с распределительного транспортера на транспортер-раздатчик подается сбрасывающей тележкой.

5.3.1. Мобильные кормораздатчики – смесители

Обобщение передового отечественного и зарубежного опыта показало, что наиболее перспективной схемой кормления скота является одновременная раздача всех кормов в виде сбалансированных кормосмесей, при которой обеспечивается механизированная выдача

кормового рациона, включающего различные виды кормов. Для реализации данной технологии разработаны и выпускаются смесители-кормораздатчики. По функциональным возможностям такие кормораздатчики можно разделить на три группы: полуприцепные машины без устройств для загрузки корма, полуприцепные с самогрузкой и машины самоходные с самогрузкой. Основными конструктивными элементами их являются системы электронного взвешивания и измельчения-смешивания кормовых компонентов рациона, которые изменяют технологию кормления и превращают традиционный кормораздатчик в машину – инновационную технику нового поколения. Они выпускаются с вертикальным и горизонтальным расположением рабочего органа в бункере. Опыт эксплуатации смесителей-кормораздатчиков показал, что машины с вертикальным расположением измельчающего и смешивающего рабочего органа осуществляют более эффективную разделку тюков и рулонов, удобны для загрузки бункера с любой стороны, проще в конструктивном использовании, легки и надежны в эксплуатации. Смесители-кормораздатчики с вертикальной системой измельчающе-смешивающего органа выпускаются отечественными предприятиями по лицензиям зарубежных фирм.

Определилась устойчивая тенденция использования на крупных молочных иоткормочных фермах универсальных многофункциональных кормосмесителей, раздающих корма в виде полнорационных кормомесей. По мнению специалистов, наиболее предпочтительным здесь является конструктивное исполнение кормосмесителей с вертикально расположенным в кузове машины рабочим органом. Оно помимо высокой однородности смешивания обеспечивает и максимальную эффективность работы раздатчика. Создание мобильных раздатчиков-измельчителей-смесителей, обеспечивающих подготовку однородных сбалансированных смесей для скота, стало одним из важнейших достижений технологии и механизации кормления скота в последние 15-20 лет. Их применение привело к резкому снижению металлоемкости техники, повышению производительности труда – один механизатор может обслуживать до 600 голов скота. Опыт использования многофункциональных раздатчиков-измельчителей кормов (вместо стационарных кормоцехов) показывает, что при этом почти в два раза уменьшаются затраты труда, на 26,6% металлоемкость и в 2,2 раза, номенклатура техники по сравнению с созданием узкоспециализированной техники.

Рассмотрим общее устройство и работу *кормораздатчиков ИСПК* производства Республики Беларусь, реализуемых под торговой

маркой «Хозяин» (рис.5.3).



Рис.5.3. Измельчители-смесители-раздатчики кормов «Хозяин»: а - с горизонтальными шнеками; б - с вертикальными шнеками

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 (рис.5.4), 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.

Технические характеристики кормораздатчиков «Хозяин» представлены в табл. 5.1.



Рис.

5.4. Кормораздатчик «Хозяин» в работе

Табл. 5.7. Технические характеристики кормораздатчиков «Хозяин»

Наименование показателя	ИСРК-12	ИСРК-12Ф (с фрезой)	ИСРК-12Г (с грейферным погрузчиком)
Тип	полуприцеп		
Грузоподъемность, т. / Вместимость бункера, куб.м.	4.0 / 12	3.5 / 12	3.5 / 12
Габаритные размеры, длина x ширина x высота, м при размере шин (295/80 R22.5) при размере шин (265/70 R19.5)	6.35x2.2x2.54 6.35x2.2x2.45	7x2.2x2.54	6.8x2.35x2.54 6.8x2.35x2.45
Ширина колеи, мм	1680±50		
Дорожный просвет, мм	420 (330)	420	420 (330)
Высота разгрузки (высота кормушки), мм	700		
Транспортная скорость с грузом/без груза, км/ч, не более	8.0 / 12.0		

Продолжение табл. 5.7

Рабочая скорость при раздаче кормов, км/ч, не более	5		
Срок службы, лет	10		
Гидропривод транспортера и задвижек	автономная		
Привод шнеков	от ВОМ трактора		
Количество / тип шнеков	2 / горизонтальные		
Обслуживающий персонал	1 тракторист		
Ширина фрезы / Диаметр фрезерного барабана, мм.	1500	/	500
Подъем фрезы / Глубина фрезерн. слоя за проход, мм.	4500	/	250
Скорость вращения фрезы, об/мин.	0 - 800		
Грузоподъемность грейфера при max/min вылете, кг.			300
Вылет с рельс max/min, мм.			3200 / 1800
Угол поворота, град.			240
Полнота выгрузки корма из бункера, %	98		
Подача min/max, т.час	15 / 120		
Масса, кг., не более	4500	5400	5000

В последнее время получают распространение *подвесные кормораздатчики (кормовагоны)*(рис.5.5.).

Быстро, но при этом бесшумно, работающий от аккумуляторных батарей кормовой вагон раздает полнорационные смеси разным группам животных, сформированных по продуктивности. Подвес на рельсе позволяет вагону свободно парить над кормовым столом, точно раздавая корма на одну или две стороны с помощью поперечного раздаточного транспортера. Его конструкция делает кормораздатчик исключи-

тельно гибким. Двух метров ширины достаточно, чтобы, например, обслуживать кормовые столы в старых помещениях для КРС. При новом строительстве система позволяет экономить много места.



Рис.5.

5. Подвесной раздатчик кормов

При этом подвесной кормораздатчик органично встроен в технологическую линию подготовки и раздачи кормосмесей (рис.5.6.).



Рис.5.6. Линия подготовки и раздачи кормовых смесей с помощью подвесного кормораздатчика

5.4. Средства раздачи кормов на свинофермах

На свиноводческих фермах применяют следующие технологические схемы подготовки и раздачи кормов:

1) Доставка с комбикормовых заводов или приготовление собственных полнорационных комбикормов, раздача и скармливание их в сухом виде.

2) Приготовление влажных кормосмесей в кормоцехе на основе комбикормов, раздача кормосмесей насосами. При этом возможно использование, дополнительно к комбикормам, отходов молокозаводов, мясокомбинатов, пивзаводов, сахарных заводов. Усвояемость жидких кормов свиньями выше, поэтому продуктивность свиней повышается на 10...15%.

При таком кормлении возможен полный отказ от поилок, поскольку влажность жидких кормосмесей составляет 75...80%.

Препятствие на пути широкого применения этой технологии - трудности с очисткой трубопроводов и кормушек от остатков корма, их закисания, и быстрый выход из строя (в связи с коррозией) элементов кормораздающей системы.

3) Классическая схема подготовки влажных мешанок ($w = 60-75\%$) с использованием силоса, корнеклубнеплодов, сенажной муки, обраты, концентратов и т.д. В связи с необходимостью строительства кормоцеха эта схема все меньше применяется на практике.

4) Сбор, подготовка, обеззараживание пищевых отходов в специальном кормоцехе и раздача мобильными раздатчиками. Возможно применение вблизи крупных комбинатов питания и крупных городов.

В свиноводстве в основном применяют стационарные системы раздачи сухих и жидких комбикормов. Сегодня в мире сухой тип кормления применяется на 80% ферм. Это связано с более низкими инвестиционными затратами на установку оборудования, более простым обслуживанием такого оборудования, более высоким санитарно-гигиеническим состоянием свинарника, где применяется сухой тип кормления. На современных свинофермах при кормлении всех половозрастных групп свиней для быстрой и качественной раздачи кормов применяют автоматизированные технические средства.

Свиней на откорме и поросят на дорастивании обычно кормят вволю. Соответственно кормушки должны быть сконструированы так, чтобы корм мог постоянно автоматически поступать в кормушку по мере его поедания животными. Обычно корм поступает в помещение из внешнего бункера и раздается через концевые или кольцевые кормопроводы с проволочной спиралью. В зданиях со сложной конфигурацией применяются цепочно-шайбовые транспортеры.

Иначе кормят свиноматок с подсосными поросятами и холостосупоросных свиноматок. У первой группы поросят кормушка (поддон) закреплена в ограждении, и в определенное время в заданном объеме через дозатор туда подается корм. Так же кормятся и холостосупоросные свиноматки при индивидуальном содержании.

Несколько сложнее технология кормления свиноматок при групповом содержании. Главной особенностью и технологией кормления таких животных является четкое скармливание каждой свиноматке отмеренной ей дозы. При этом необходимо избежать оттеснения более сильными особями слабых животных от их кормовых мест. Для этого система кормораздачи оборудуется индивидуальными дозирующими устройствами, которые подают корм с такой скоростью, что свиноматка поедает его без возможности отхода к другой кормушке.

Типичной системой жидкого кормления является автоматическая система HYDROMIX немецкой фирмы BigDutchman (рис. 5.7)

Существуют различные разновидности этой системы с различными техническими характеристиками (см. сайт компании: www.Bigdutchman.de).

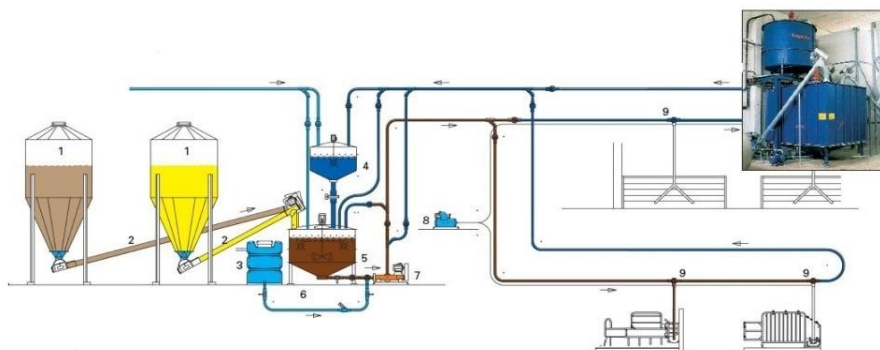
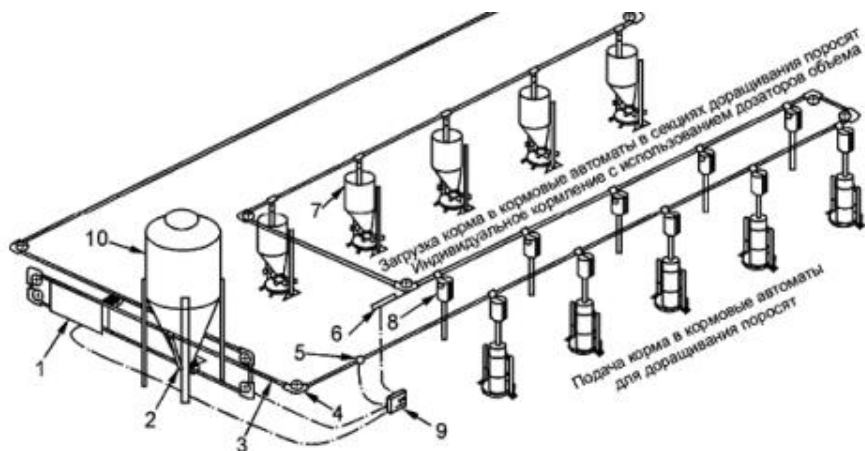


Рис. 5.7. Система HYDROMIX с промывкой труб:

1 - бункер для комбикорма; 2 - кормовой шнек; 3 - емкость для свежей воды; 4 - емкость для технической воды; 5 - емкость смешивания; 6 - электронные весы; 7 - кормовой насос; 8 - компрессор; 9 - кормовой вентиль

Кормление свиней сухими комбикормами имеет более простую технологическую схему (рис. 5.8). Существует два варианта комплектации системы сухого кормления – система сухого кормления с раздачей корма в объемные дозаторы, и система сухого кормления с раздачей корма в кормовые автоматы. Это зависит от того, кого необходимо кормить – свиноматок или поросят. Раздача сухого корма поросят всех групп и возрастов должна осуществляться при помощи кормовых автоматов, так как они рассчитаны на групповое кормление свиней, где каждый кормовой автомат может обслуживать от 40 до 60 свиней в

зависимости от возраста.



Р

ис. 5.8. Принципиальная схема технологического процесса раздачи сухих комбикормов в свинарнике: 1 - привод тросошайбового кормораздатчика; 2 - приемная воронка; 3 - тросошайбовый транспортер; 4 - поворотное устройство; 5 - сенсор отключения подачи кормов; 6 - привод объемных дозаторов кормов; 7 - спускная труба; 8 - объемный дозатор; 9 - управляющее устройство; 10 - бункер для хранения сухих кормов.

Кормление свиней сухими комбикормами, в частности гранулированными, имеет следующие преимущества: снижение объемов кормов, потребности в складских помещениях и транспорте, затрат; повышение усвояемости; частичное обеззараживание; упрощение механизации и автоматизации процесса кормораздачи; сокращение потерь при поедании корма животными.

Большинство ферм и свинокомплексов европейских стран оснащены автоматической системой раздачи кормов, состоящей из следующих элементов: трубопровода, который включает в себя стальные, оцинкованные тонкостенные трубы кормопровода и пластиковые уголки, по которым корм транспортируется в объемные дозаторы, либо кормовые автоматы. Внутри трубопровода протянут стальной трос с литыми пластиковыми дисками (шайботрос). Кормопровод проводится на высоте около 2-х метров.

Основная функция системы кормления – работать, пока все кормовые аппараты не заполнятся кормом, и после загрузки последне-

го кормового автомата или дозатора система остановки дает сигнал на блок управления, после чего транспортер останавливается.

Для обеспечения хранения оперативного запаса комбикорма используются специальные бункера, расположенные в непосредственной близости от животноводческих помещений. Они изготавливаются в различных модификациях: с гладким и рифленным металлическим листовым покрытием или из стекловолокна.

Контурная система используется для транспортировки корма к дозаторам и кормушкам в помещениях со множеством изгибов и с разницей в уровнях. В таких условиях могут работать цепные, тросовые и спиральные рабочие органы (рис. 5.9).

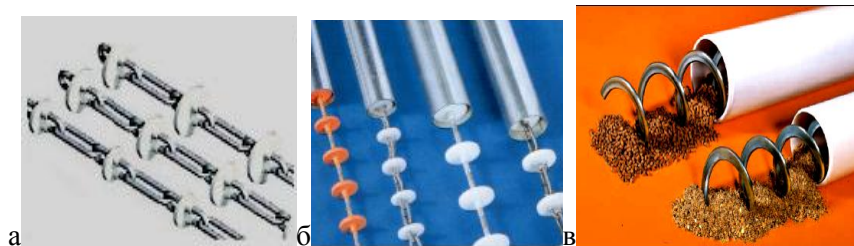


Рис. 5.9. Транспортеры кормов:
а – цепной; б – тросовый; в – спиральный

В последнее время все чаще для транспортировки сыпучих материалов применяют транспортную спираль. Спираль состоит из высококачественной и очень гибкой стали. Преимущества спиральных транспортеров:

- корм может транспортироваться в помещение в дугах до 90° ;
- применяется универсально для каждого вида помещения;
- предназначен для повышенной производительности;
- быстрый и упрощенный монтаж;
- привод производится с помощью редукторного двигателя;
- экономия угловых колес;
- исключается холостой ход линии к кормовому бункеру (что типично для закрытых циклов);
- возможность компоновки одного гибкого шнека с двумя и большим количеством контуров.

В клетках для животных чаще всего применяются дозаторы с вертикальным заполнением до установленного объема дозатора (рис.5.10).



Рис. 5.10. Помещение с дозаторами вертикального заполнения «Egebjerg»

Данные дозаторы позволяют выдерживать точные объёмы доз кормления, имеют простое устройство установления доз кормления, а устройство открывания дозатора легко может быть встроено в единую систему открывания дозаторов, управляемую от пульта управления системы автоматизированной раздачи корма.

5.5. Средства раздачи кормов на птицефермах и фабриках

В птицеводстве безраздельно господствует сухое кормление по схемам, близким к изображенным на рис. 5.8. В связи с применением напольного и клеточного содержания системы имеют соответствующие модификации и различные монтажные схемы.

Для общего проектирования системы раздачи комбикормов курам следует соблюдать рекомендуемые нормативы (табл. 5.8).

Указанные параметры являются ориентировочными. При подсчете следует учитывать вид кросса и тип климата в данной местности.

При напольном содержании линия кормления для птицы представляет собой кормопровод, состоящий из труб и находящегося в них транспортера (спирали); трубы соединены между собой с помощью хомутов, в начале линии, с внешней стороны здания птицефермы, подсоединен бункер для приема корма (рис.5.11 и 5.12).

Если линия оборудуется спиралью, то в конце кормопровода установлен электропривод, обеспечивающий ее вращение. Спираль од-

ним концом закреплена к валу электропривода, а другим концом крепится к валу опоры, установленной за бункером и может изгибаться в любом направлении до угла 45 градусов. При вращении спирали корм перемещается от бункера к концу кормопровода. По всей длине кормопровода в трубах сделаны отверстия для выдачи корма в бункерные кормушки, установленные под этими отверстиями.

Табл. 5.8. Некоторые данные для проектирования системы раздачи комбикормов птице

Вид птицы	Плотность посадки, гол./м ²	Тип кормления	Количество гол./кормушки желоба	Фронт кормления см/гол.	Потребление корма, грамм на голову
Родительское стадо бройлеров (выращивание)	7-10	ограниченное	14-17	12-14	До 100
Родительское стадо бройлеров 3,5 кг (содержание)	40,5-6,5	ограниченное	12-15	12-15	130-170
Куры - несушки 2 кг	6-8	вволю	20-25	8-10	110-130
Реммолодняк 1,5 кг	8-10	рационирование	20-25	8-10	20-110
Бройлеры 1,7 кг	22-24	вволю	50-65-	3-4	20-150
Бройлеры 1,7 -2,5кг	18-20	вволю	30-40	5-7	20-190

Кормушки крепятся к трубам хомутами. В конце линии кормопровода установлена концевая кормушка, отличающаяся от остальных кормушек тем, что в ней установлено устройство, отключающее привод при заполнении концевой кормушки кормом. Она также отличается способом крепления к трубе.

Корм в бункера линий кормления подается из транспортера через спускные телескопические рукава, с помощью которых можно ре-

гулировать объем загружаемого в бункера корма, опуская или поднимая нижнюю часть спускового рукава. Для предотвращения попадания птицы в бункер на него устанавливается сетчатое ограждение.

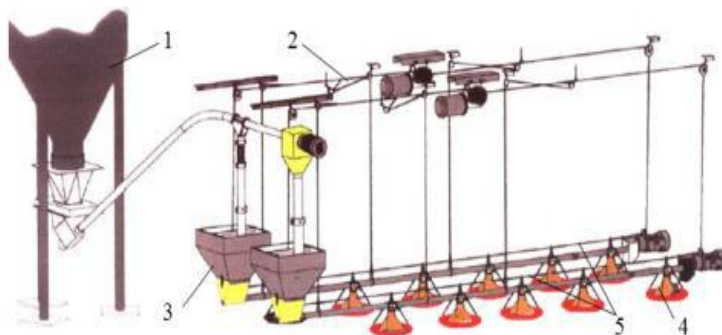


Рис. 5.11. Напольная система раздачи кормов с подъемником кормушек:

1 – бункер для корма; 2 – система подвески; 3 – бункер линии кормления; 4 – кормушка; 5 – противонаседочная система

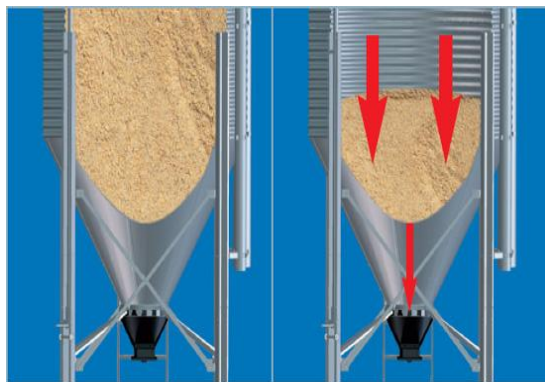


Рис.5.12. Внешний бункер для корма (силос)

В линию кормления входит система подвески, с помощью которой происходит регулировка линии кормления по высоте. Система подвески крепится к потолочным перекрытиям здания и состоит из тяг, канатов, блоков и лебедки с ручным или электроприводом. Лебедка устанавливается в середине линии кормления, на барабан лебедки крепится основной тяговый канат диаметром 4,6 мм, который протягивается в оба конца птичника и проходит через концевые блоки. К тяговому канату, с помощью зажимов, крепятся канаты диаметром 2

мм и длиной 3 м, с шагом 3 м. Канаты проходят через промежуточные блоки и с помощью крюков, закрепленных на их концах, поддерживают линию кормления на нужной высоте.

Работа линии кормления. При включении транспортера корм через спускные рукава поступает в бункера линий кормления. В спускном рукаве, установленном на последней линии кормления, имеется устройство, отключающее подачу корма при заполнении бункеров кормом. После заполнения бункеров кормом включаются привода линий кормления и корм подается в кормушки до тех пор, пока не заполнит все кормушки и концевую в том числе, после чего срабатывает отключающее устройство, установленное в последней кормушке.

При напольном содержании птицы на абсолютном большинстве ферм в развитых птицеводческих странах мира применяются линии кормораздачи (трубы со спиралью), расположенные на уровне, доступном для птицы, с закрепленными на них кормушками тарелочного типа с разными конструктивными особенностями (рис.5.13.).



Рис. 5.13. Спиральный кормораздатчик с чашечной кормушкой

При кормлении птицы вволю кормушки постоянно пополняются по мере поедания корма, контроль также происходит автоматически, так что кормушки никогда не переполняются, а при дозированном кормлении система оборудуется весовым устройством.

Объем корма, засыпаемого в кормушки, может регулироваться за счет увеличения или уменьшения зазора между поддоном кормушки и стаканом, через который подается корм (поворотом кормушки). Регулировка осуществляется в пределах 350...900 г. Один оборот кормушки увеличивает или уменьшает дозу корма на 50-60 г.

При содержании промышленного стада бройлеров применяются продольные или так называемые концевые линии кормораздачи, когда корм транспортируется в кормушки с помощью прокручивающегося шнека (спирали). Подача корма осуществляется с одной стороны кормопровода, электропривод находится на противоположной стороне. Обычно в помещениях устанавливается 4-5 таких линий кормораздачи в сочетании с 5-6 линиями поения nippleного или чашечного типа.

Корм поступает в помещение из внешнего бункера хранения концентрированных кормов, емкость которого рассчитывается исходя из трехдневного запаса корма. Корм подается при помощи шнекового транспортера с электроприводом и попадает в промежуточные стоки-логаммовые хопры, которые являются своего рода буфером между бункером и линиями кормораздачи.

При содержании родительского стада бройлеров и ремонтного молодняка применяются замкнутые контуры кормораздачи или так называемые кольцевые линии. Их применение связано с особенностями кормления данного вида птицы, которая получает корм в ограниченном объеме и строго по времени. Здесь важны такие параметры, как дозирование корма, его быстрая раздача с целью избежания стрессов у птицы, выдача корма в строго определенное время, раздельное кормление кур и петухов. Именно кольцевые линии, где спираль не прокручивается, а протаскивается с большой скоростью, дают возможность реализовать все эти технологические тонкости.

В кольцевой системе кормораздачи используется весовое дозирующее устройство, которое устанавливается в конце транспортера, доставляющего корм в помещение из внешнего бункера. Кольцевые линии успешно сочетаются с гнездами для несушек, которые могут быть оборудованы автоматическим яйцесбором.

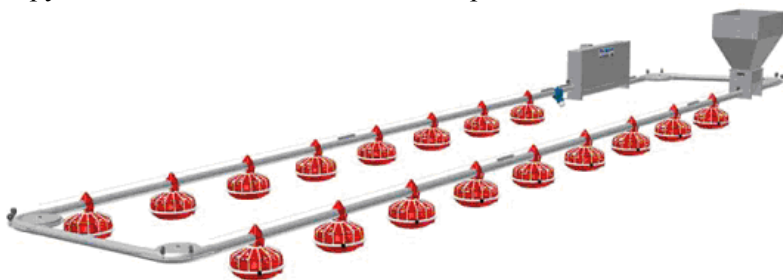


Рис. 5.14. Кольцевая линия кормораздачи

Некоторые производители для реализации принципа одновре-

менной раздачи корма во все кормушки предлагают сдвоенный кормопровод, магистрали которого расположены одна над другой, как стволы у винчестера.

Они работают по принципу первоначального заполнения верхнего кормопровода, а затем через первый и нижнего. Из нижнего кормопровода корм попадает в кормушки. Однако такая конструкция была разработана некоторое время назад без учета возможности протаскивания спирали в кормопроводе, что делает такую систему сложной в эксплуатации и высокой по стоимости.

Для экономичного использования площади пола птичника желательно наличие максимально возможного числа кормовых мест на одной кормушке. Ведь фактором, ограничивающим размер стада, содержащегося в конкретном помещении, является не площадь пола, а фронт кормления. Именно из-за данного параметра площадь пола используется не в полную меру, что влияет на экономику предприятия.

Следующим шагом в совершенствовании *системы кормления ремонтного молодняка бройлеров* стало создание принципиально новой овальной кормушки «Виту».



Рис. 3.20. Овальная кормушка «Виту»

Внутренний конус кормушки оборудован направляющими, по которым корм равномерно и одновременно распределяется по всему периметру кормушки. Благодаря овальной форме число кормовых мест выросло до 16. Кормушка оснащена механизмом регулирования кормового зазора по высоте, а также оборудована противооткатными скобами, предотвращающими раскачивание кормушки.

Кормление с помощью чашечной системы кормления отличается своими особенностями от традиционных способов кормления следующими признаками: Кормушки подвешены под кормовой канал, в котором проходит кормораздаточная цепь. При совершенном цикле кормления к предусмотренному времени транспортируется корм из ёмкости сквозь кормовой канал к кормушкам.

Кормовых мест на 3-х метрах кормопровода

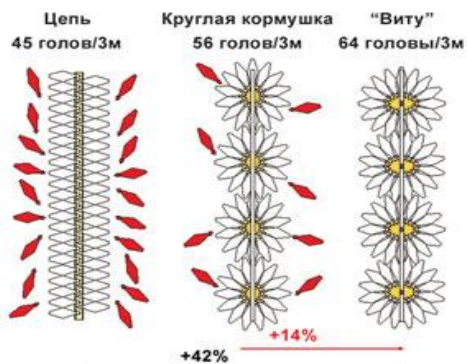


Рис. 3.21. Кормовые места на 3-х метрах кормопровода

Принцип кормления:

1 фаза: Ещё до начала кормления корм находится в кормовом канале между кормушками всего цикла. При выпуске этот корм наполняет близ лежащие кормушки. Тем самым все животные приступают одновременно к приему корма и таким образом движение поголовья и стресс в птичнике предотвращаются.

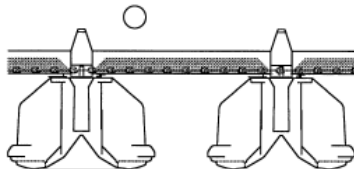


Рис. 3.22. Первая фаза. Цепь неподвижна

2 фаза: Теперь кормушки заполнены и тем самым кормовой канал, можно сказать, почти очищен. В это время начинается заполнение кормового канала из кормовой ёмкости. Благодаря высокой производительной подаче кормораздаточной цепи предотвращается полное очищение кормушки птицей во время хода цепи.

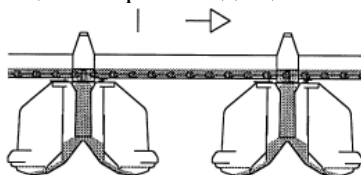


Рис. 3.23. Вторая фаза. Начало движение цепи

3 фаза: Так как кормораздаточная цепь транспортирует на много больше корма, чем птица одновременно может поглощать, кормовой канал заполняется полностью. Система отключается только тогда, когда взвешенный объём корма полностью распределен к животным. Это означает всю дневную норму или – если производится кормление несколько раз в день – соответствующую долю нормы. К концу кормления все кормушки и сам кормовой канал полностью загружены. Хотя птица всё еще клюёт из кормушки, кормовой канал остаётся заполненным и тем самым готов к следующему дню.

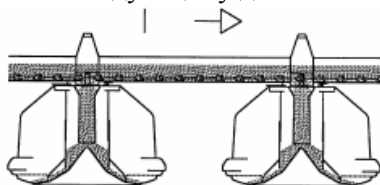


Рис. 3.24. Третья фаза. Заполнение кормового канала

Особенно при точном определении объёма приёма корма птицей встречаются наибольшие затруднения, так как это зависит от единичных обстоятельств, таких как: порода, возраст птицы, вес или статус производительности птицы в соотношении к ежедневной норме корма, качества корма и не в последнюю очередь форма самой чаши.

При клеточном содержании птицы совершенствование оборудования для раздачи корма идет в направлении создания техники, обеспечивающей ограниченное кормление птицы и ее безопасность. Для этого предлагаются бункерные, цепные или спиральные кормораздатчики, из которых в настоящее время перечисленным условиям в наибольшей степени отвечают системы бункерной раздачи корма.

Бункерная кормораздача состоит из тележки и установленного на ней бункера со шнековыми дозаторами. Привод тележки кормораздачи размещен на передней стойке батареи. Тележка передвигается вдоль батареи при помощи каната по уголкам прикрепленных к стойкам рам каркаса. Натяжение каната обеспечивается блоком барабанов. Нижняя ветвь каната запасовывается в обгонную муфту и приводит в движение шнеки бункера. При движении тележки с бункером в режиме кормораздачи, т.е. от начала клеточной батареи к концу, корм при помощи шнеков подается в кормушки, расположенные с обеих сторон батареи. При движении тележки с бункером в обратную сторону обгонная муфта отключает шнеки, и подача корма прекращается. Скорость движения тележки с бункером составляет 6-10 м/мин. Отключение кормораздатчика осуществляет-

ся при помощи концевых выключателей, установленных в начале и конце батареи.

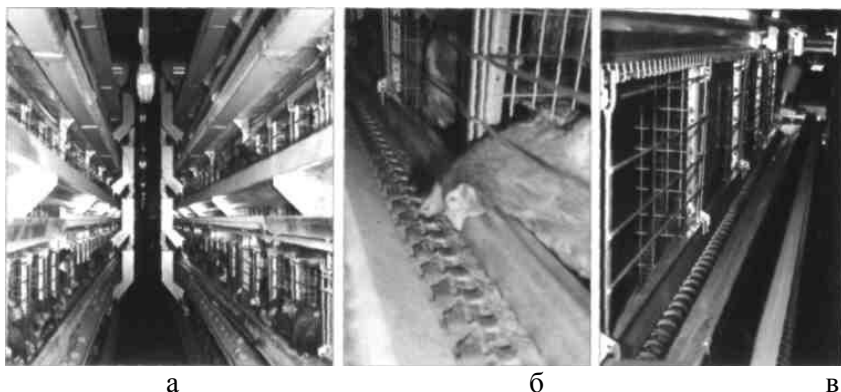


Рис. 3.25. Клеточное оборудование с различными системами раздачи корма: а –бункерная; б –цепная; в –спиральная

Оснащение оборудования бункерными кормораздатчиками позволяет повысить точность выдачи корма. Так, в клеточном оборудовании фирмы «TenElsen» (Германия) она составляет ± 3 г на одну голову.

Помимо точности дозировки, бункерная система раздачи корма имеет и другие преимущества:

- легкость контроля расхода корма, так как время работы бункеров может задаваться птичницей вручную или автоматически (с помощью реле времени);

- надежность и минимальная потребность в техническом обслуживании, обусловленные малой вероятностью возникновения неисправностей и отказов, высокой износостойкостью;

- низкая потребляемая мощность привода.

В отличие от напольного содержания цепная система кормления для клеточного содержания является классической и общепризнанной для кормления ремонтного молодняка, родительских стад, несушек и бройлеров.

Цепная кормораздача состоит из общего для всех ярусов бункера-питателя, расположенного в передней части клеточной батареи. Из бункера-питателя корм подается по кормушкам желобкового типа вдоль клеток каждого яруса замкнутым контуром плоской кормовой цепи. Скорость движения цепи (7,4 м/мин) является достаточной для предотвращения выборочного склевывания корма во время его движе-

ния вдоль батареи.

Приемный бункер имеет дозирующие шибера на каждом ярусе, которые обеспечивают пределы дозирования от 300 до 1500 г на 1 погонный метр кормушки.

Основную часть в себестоимости яйца и прироста живой массы птицы составляют затраты корма на единицу продукции. Поэтому одно из необходимых условий кормления – отсутствие потерь корма. Здесь имеет значение уровень наполненности кормушки. Чем толще слой зерна, тем больше его выбрасывает птица наружу (табл. 5.9).

Табл. 5.9. Зависимость потерь корма от заполнения кормушки

Потери корма, %	Уровень заполнения по высоте					
	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	полностью
По данным: Х. Каркпатрика	–	1,3	2,1	7,4	–	29
Канадских исследователей	2-3	–	4-5	–	8-10	12-20
Австралийских исследователей	1	–	3	–	10	27

В зависимости от способов и технических средств раздачи корма его потери составляют из навесного бункерного кормораздатчика 2%, из цепного желобкового и шайботросового – 4%. Наиболее оптимален для взрослой птицы тип кормораздачи – бункерный со шнеками-питателями. Эти механизмы позволяют дозировать раздачу корма в зависимости от возраста птицы, уровня ее продуктивности, подают равное количество смеси по всей длине кормушки и одинакового качества.

Норма выдачи смеси на один погонный метр кормушки в клеточной батарее КП-1-1 (для несушек) составляет: первая скорость – 275 г, вторая – 329, третья – 365 г. В клеточной батарее КП-8: первая скорость – 200 г, вторая – 400, третья – 500 г. Переключением скоростей можно добиться оптимальной дозы корма на одну голову.

Особо эффективна раздача корма бункерами кормораздатчика и клеточных батарей зарубежных фирм «Зуками», «Шпехт» и др. Конструкция с разравнивателями смеси в кормушке позволяет кормить птицу 10 и более раз в сутки (доза от 9 г и более на голову за один

проход). В стандартных механизмах скорости движения и вращения шнеков-питателей рассчитаны на выдачу за один раз 60-70 г корма на голову в зависимости от объемной массы. То есть стандартные раздатчики позволяют кормить птицу два раза в день.

При желобковом типе кормушки фронт питания для ремонтного молодняка составляет 5-6 см на голову, для кур несушек промышленного и племенного стада – 8-10 и 12-15 см соответственно. С круглыми кормушками фронт кормления сокращается до 2,2 см на птицу. При цепной подаче в клеточной батарее корм по всей длине полотна обычно распределяется неравномерно. Поэтому приходится постоянно следить за исправностью резинового ограничителя выхода смеси из бункера на передней стойке.

5.6. Методика расчета линий раздачи кормов

Сначала необходимо выбрать принципиальную схему раздачи кормов, исходя из анализа литературы по данному вопросу и рекомендаций данного пособия, после чего можно приступать к выбору марок технических средств и определению их количества.

При выборе мобильной раздачи кормов для крс следует сначала выбрать тип смесителя (самоходный, прицепной, вертикальный, прицепной горизонтальный). Следует также иметь в виду, что номинальный (указанный в характеристике смесителя) объем раздатчика-смесителя V больше полезного объема V_n :

$$V_n = V \cdot \varphi, \text{ м}^3 \quad (4.7)$$

где φ - коэффициент заполнения емкости машины ($\varphi = 0,85$).

Поэтому масса одной порции кормосмеси (одного замеса) составит величину

$$M = V \cdot \rho \cdot \varphi, \text{ кг} \quad (4.8)$$

где ρ - плотность кормосмеси ($\rho = 300-400 \text{ кг/м}^3$);

Алгоритм подбора мобильного раздатчика-смесителя для ферм крс и овцеводческих ферм проще всего объяснить на конкретном примере.

Пример. Имеем комплекс на 600 коров (один коровник беспривязного содержания со шлейфом: сухостойные коровы в родильном отделении и молодняк). Необходимое количество кормосмеси в сутки для высокоудойной коровы с учетом беспривязного содержания (увеличение рациона на 15%) принимаем в размере 43 кг/сут. Общая масса кормосмеси в сутки на 600 дойных коров - 25800 кг. При одном кормлении в сутки масса корма составит 25800 кг, при двукратном - 12900

кг, за одно кормление, при трехкратном - 8600 кг за одно кормление. Плотность кормосмеси составляет 400 кг/м³. Составляем далее таблицу 5.10.

Табл. 5.10. Данные к выбору раздатчика-смесителя¹⁾

Объем кормосмесителя V, м ³	Полезный объем кормосмесителя V _д , м ³	Масса приготовленной кормосмеси за один замес M, кг	Количество замесов на кормосмесителе при массе корма, необходимой для групп дойных коров на:		
			одно (1) кормление/сут	два (2)кормления/сут	три (3)кормления/сут
			2580	12900	8600
			0		
5	4,25	1700	15	8	5
8	6,8	2720	10	5	3
10	8,5	3400	8	4	2,5
12	10,2	1080	6,0	3	2,0
16	13,6	5440	5,0	2,4	1,6
17	14,45	5780	4,5	2,2	1,5
20	17	6800	4,0	1,9	1,3
22	18,7	7480	3,4	1,7	1,2
26	22,1	8840	3,0	1,4	1,0

¹⁾ См. Вестник технического менеджера. 2010 – Вып. 6. – 12с.

1) Примечания к таблице:



- высокая степень нагрузки на кормосмеситель при данном количестве кормлений в сутки



- рекомендуемый тип кормосмесителя при данном количестве кормлений в сутки



- неэффективное использование кормосмесителя

Анализируя данные табл. 5.10, можно выделить 3 группы вариантов раздачи:

1) Неэффективное использование раздатчиков-смесителей, о чем свидетельствуют дробные значения числа замесов. В этом случае машина будет недодавать требуемое количество кормосмеси в сутки, либо придется делать дополнительные, практически холостые замесы и циклы раздачи кормосмеси.

2) Высокая степень нагрузки на кормосмеситель при данном количестве кормлений в сутки. На подготовку, переезды, раздачу одного замеса обычно уходит 30-45 мин. Тогда на 8 замесов уйдет $45 \times 8 = 360$ мин (6 час.), на 10 замесов - $45 \times 10 = 450$ мин (7,5 час.), на 15 - $45 \times 15 = 675$ мин (11,25 часа). Зоотехнические требования на одно кормление - 2 часа. Если учесть еще приготовление и раздачу кормосмеси сухостойным коровам и молодняку (у этих технологических групп свои рационы и отдельные замесы), то приходим к выводу, что в данном случае нагрузка на машину будет чрезмерной.

3) Оптимальный объем раздатчика-смесителя.

Если на комплексе кормление производится один раз в сутки, то за один раз необходимо раздать 25800 кг. Если мы, к примеру, выберем, кормораздатчик объемом 20 м^3 , это означает, что кормосмеситель сделает один замес, раздаст на одну четверть коровника (150 голов), затем будет загружаться второй раз и раздаст корм на вторую четверть коровника (150 голов), затем будет загружаться третий раз и раздаст корм на третью четверть коровника (150 голов), затем будет загружаться четвертый раз и раздаст корм на последнюю четверть коровника (150 голов).

Всего в сутки четыре замеса, но еще нельзя забывать о сухостойных коровах, которые требуют отдельных замесов и молодняк, у которого также свой рацион и отдельные замесы. Все это необходимо учитывать, чтоб не получалась предельно высокая нагрузка на кормосмеситель и при необходимости скорректировать свой выбор в пользу кормосмесителя большего объема или увеличения количества кормо-

смесителей на комплексе.

При беспривязном содержании коров на одно место кормления приходится несколько коров (обычно 2,5). Если раздать корм на 25% мест кормления, то конкуренция возрастет до 5-10 коров на одно место кормления. Таким образом, возможна даже агрессия между коровами - лидерами. В связи с этим указанный способ раздачи корма в коровнике не является единственным. Чтобы не было конкуренции среди коров за кормовое место, можно так настроить подачу машины, чтобы каждый замес раздавать на всех 600 коров (двухсторонняя раздача). Очевидно, что в этом случае нужны также четыре цикла раздачи, чтобы выдать рацион в полном объеме.

Если на комплексе кормление производится два раза в сутки, то за один раз необходимо раздать 12900 кг. Если мы, к примеру, выберем, кормораздатчик объемом 20 м³, то на одно кормление кормосмеситель сделает два замеса, раздав корм сначала на одну сторону кормового стола (300 голов), затем загрузится второй раз и раздаст кормосмесь на вторую сторону кормового стола (300 голов). Таким образом, всего в сутки кормосмеситель сделает также четыре замеса.

Если на комплексе кормление производится три раза в сутки, то за один раз необходимо раздать 8600 кг. Для этого варианта самым оптимальным будет выбор кормосмесителя объемом 12 м³, при этом необходимо делать по два замеса за одно кормление. Таким образом, общее количество замесов в сутки будет шесть. Также не следует забывать о сухостойных коровах и молодняке, т.к. у этих технологических групп свои рационы и отдельные замесы.

При расчете стационарных кормораздающих устройств следует обратить внимание на то, что они обычно входят в комплект оборудования для содержания свиней или птицы. Поэтому рекомендуется сделать проверочный расчет кормораздачи на предмет достаточности заявленной (паспортной) производительности раздатчика реальным условиям работы.

Для этого, во-первых, исходя из типа (конструкции) раздатчика пересчитывается его производительность. Например, для тросошайбового раздатчика можно использовать формулу

$$Q_p = S \cdot v \cdot \rho \cdot \varphi, \text{ кг/с} \quad (4.9)$$

где S - поперечное сечение кормопровода, м³;

v - скорость движения троса, м/с;

ρ - плотность транспортируемого корма, кг/м³;

φ - коэффициент заполнения кормопровода.

Для ленточно-тросовых раздатчиков применяется другая формула

$$Q_p = 0,16 B^2 v \rho t q \alpha, \text{ кг/с} \quad (4.10)$$

где B - ширина ленты, м;

α - угол естественного откоса корма, град.

Во-вторых, подсчитывают требуемую производительность раздатчика

$$Q_{\text{ТР}} = \frac{q_c n}{dT}, \text{ кг/с} \quad (4.11)$$

где n - поголовье, обслуживаемое раздатчиком;

T - время, отводимое на одну раздачу корма $T = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$;

d - по-прежнему кратность кормления ($d = 2 - 3$).

При выполнении условия $Q_p > Q_{\text{ТР}}$ будет обеспечена гарантированная подача корма животным или птице в необходимом объеме и в требуемое время. Если же данное условие не выполняется, то необходимо разработать меры и рекомендации по повышению производительности выбранного раздатчика или его замене.

Литература

1. Big Dutchman [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bigdutchman.de/ru>.
2. GEA Farm Technologies [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.westfalia.com/ru/ru>.
3. Вестник технического менеджера. - 2010. - Вып. 6. - 12 с.
4. Генеральные планы сельскохозяйственных предприятий. Свод правил СП 19.13330.20011. - М.: ОАО «ЦПП», 2011. - 30с.
5. Дегтерев, Г.П. Технологии и средства механизации животноводства./Г.П. Дегтерев. - М.: Столичная ярмарка, 2010. - 384 с.
6. ДеЛаваль: двигатель прогресса в молочном производстве [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.delaval.ru.
7. Капустин И.В. Курс лекций по дисциплине «Технологии и технические средства в сельском хозяйстве» (Часть 2. Технологии и технические средства в животноводстве)/ И.В. Капустин. - Ставрополь, СГАУ, 2004. - 247 с.
8. Кольга, Д.Ф. Машины для механизации животноводческих ферм. Теория и расчет. Электронный учебник (Д.Ф. Кольга, В.Я. Худощевский, Н.И. Белолед и др.) - Минск, 2004.
9. Костин, Г.Н. Проектирование производственных процессов в животноводстве (примеры технологических расчетов): Уч. пособие, часть 1(Г.Н. Костин, П.М. Рошик, Е.В. Косолапов и др.) - Киров, Вестник ГСХА, 2013. - 168 с.
10. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота: РД - АПК 1.10.01.02 - 10. - М.: Минсельхоз России, 2011. - 108 с.
11. Механизация и технология животноводства: учебник /В.В. Кирсанов, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич, В.В. Шевцов, Р.Р. Филонов - М.: ИНФРА, 2013. - 585 с.
12. Мурусидзе, Д. Н. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства: учеб. пособие/ Д.Н. Мурусидзе, В.В. Кирсанов, А.И. Чугунов и др. - М.: КолосС, 2006. - 296 с.
13. Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий: НТП - АПК 1.10.05.001 - 01. - М.: Минсельхоз России, 2001. - 17 с.
14. Оборудование для животноводческих помещений Big Dutchman. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.bigdutchman.ru/>
15. Производство и использование комбикормов в коллективных и фермерских хозяйствах: Учебное пособие/ Под ред. И.Я. Федоренко. - Барнаул: изд - во Алтайского ГАУ, 2003. - 150 с.

16. Решение для эффективного свиноводства. - техна. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.texha.com.ua/ru/pig>.
17. Селиванов, А.П. Механизация и технологии в животноводстве/ А.П. Селиванов, А.Н. Ковальчук, А.В. Татарченко. - Красноярск, Изд - во КрасГАУ, 2007. - 255 с.
18. СП 106.13330.2012. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения. - М.: Министерство регионального развития Р.Ф., 2012. - 19 с.
19. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. Часть II / В.В. Нунгезер [и др.]; ред.: В.В. Нунгезер, Ю.Ф. Лачуга, В.Ф. Федоренко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Росинформагротех, 2011. - 489 с.
20. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года /Ю.Ф. Лачуга [и др.]. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 80 с.
21. Технология и механизация молочного животноводства / Е.Е. Хазанов [и др.]. - СПб: Лань, 2010. - 352 с.
22. Федоренко И.Я. Курсовое проектирование по механизации животноводства: учебно-методическое пособие/ И.Я. Федоренко, В.И. Земсков, В.В. Садов и др. - Барнаул: РИО АГАУ, 2013. - 149.
23. Федоренко, И.Я. Ресурсосберегающие технологии и оборудование в животноводстве / И.Я. Федоренко, В.В. Садов. - С.-Пб.: Лань, 2012. - 304 с.
24. Федоренко, И.Я. Технологические процессы и оборудование для приготовления кормов: Учебное пособие/ И.Я. Федоренко. - М.: Форум-Инфра, 2014. - 176 с.