МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. В. Китун, П. Ю. Крупенин

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего образования по специальности «Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции»

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 631.171:636(075.8)
ББК 40.715я73
К45

Авторы:
доктор технических наук, профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» *А. В. Китун*;
кандидат технических наук, доцент УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» *П. Ю. Крупенин*

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» *А. В. Гончаров*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент УО «Гродненский государственный аграрный университет» *И. Е. Бобрик*

Китун, А. В.

К45 Технические средства и цифровые технологии в животноводстве : учебное пособие / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин. – Горки : Бел. гос. с.-х. акад., 2026. – 254 с.

ISBN 978-985-882-883-7.

Рассмотрены технические средства и цифровые технологии управления технологическими процессами в животноводстве. Описаны особенности формирования технологических линий в соответствии с принципами точного животноводства. Приведены методики расчета оптимального состава технологических линий на животноводческой ферме.

Для студентов учреждений высшего образования по специальности «Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции».

УДК 631.171:636(075.8)
ББК 40.715я73

ISBN 978-985-882-883-7

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее важных направлений современного научно-технического прогресса в производственной сфере является развитие интеллектуальных технологий. В них в роли технологических средств выступают интеллектуальные системы, характерная черта которых заключается в способности реагировать на внешние и внутренние воздействия, контролируя их и настраивая определенным образом свои параметры в зависимости от особенностей проявления этих воздействий. Благодаря интеллектуализации производства обеспечивается повышение производительности труда при одновременном повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции.

В последние годы интеллектуальные технологии получают все большее распространение в агропромышленном комплексе (АПК). При этом эффективность и условия их применения в значительной мере определяются спецификой производственных процессов в различных отраслях АПК.

Для успешного продвижения интеллектуальных технологий в агропромышленную сферу необходимо обеспечить подготовку соответствующих специалистов. Решением задач интеллектуализации АПК должны заниматься коллективы научных, инженерных и производственных работников, которые специализируются, с одной стороны, в области агропромышленного производства, с другой – в области интеллектуальных технических систем.

Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

1.1. Особенности формирования животноводческих предприятий

Предприятия животноводческого комплекса представляют собой сложную систему, состоящую из совокупности взаимосвязанных элементов – логистических звеньев, между которыми установлены функциональные связи и отношения. Это непосредственные производители животноводческой продукции: крупные и средние предприятия, мелкие хозяйства населения, фермерские хозяйства и изготовители комбикормов – отдельные комбикормовые предприятия, а также собственные специализированные цеха в хозяйствах.

Тип производственных помещений и потребность в них зависят от вида и структуры поголовья животных, принятой системы содержания. При выборе проекта необходимо предусмотреть выполнение следующих зоотехнических и инженерных требований:

– внедрение комплексной механизации и автоматизации технологических процессов; применение прогрессивной технологии содержания и кормления животных и птицы;

– соответствие объема помещений и размеров элементов зданий нормам для размещения поголовья животных или птицы;

– обеспечение противопожарных и санитарных норм.

В зависимости от конкретных условий (планировочного решения, изменения функций объектов, радиуса их обслуживания и др.) состав объектов по производству молока, говядины и свинины может содержать производственные зоны, приведенные в табл. 1.1.

Размеры территории производственной зоны зависят от специализации хозяйств, структуры и мощности сельскохозяйственных предприятий, входящих в состав производственной зоны, взаимного их расположения при условии соблюдения установленных санитарных, зооветеринарных и противопожарных разрывов.

Для помещений крупного рогатого скота нормы площади на одно животное при привязном содержании составляют 8...10 м^2, при беспривязном – 5...6 м^2, на откорме 3,5...4 м^2. Фронт кормления зависит от возраста крупного рогатого скота и колеблется в пределах 0,5...1,0 м.

Для свиноматок при индивидуальном содержании норма площади на одно животное равна 4,0...5,0 м^2, при групповом – 2,5...3,0 м^2; при

откорме свиней – 0,65...0,70 м^2, а для молодняка – 0,2...0,4 м^2. Фронт кормления для свиней составляет 0,2...0,5 м.

Таблица 1.1. **Состав зон комплексов (ферм) по производству молока, говядины и свинины**

Зона	Наименование объектов
Административно-хозяйственная	Административно-бытовое здание, столовая, ветеринарно-санитарный пропускник, лаборатория, медпункт, пожарное депо и др.
Основного назначения (производственная)	Здания и сооружения для содержания животных и объекты обслуживающего назначения: доильно-молочный блок, родильная, выгульные площадки, ветеринарно-санитарный пропускник
Хранения и приготовления кормов	Кормоцех, комбикормовый цех, здания и сооружения для хранения кормов: силосная траншея, сарай для сена, корнеплодохранилище
Вспомогательных зданий и сооружений	Объекты, имеющие значение для всего комплекса, размещенные в пределах огражденной территории: котельная, ветпункт с изолятором, водонапорная башня, артскважина
Сооружений для хранения и переработки навоза	Навозохранилища, сооружения для переработки навоза

При напольном содержании кур-несушек по норме на 1 м^2 размещают 4...5 гол., при клеточном содержании – 11 гол.

В табл. 1.2 приведены размеры территории крупных животноводческих комплексов и ферм.

При выборе плана проектируемое предприятие должно быть лучше аналога с точки зрения экономики – единовременные затраты и эксплуатационные, расходы на амортизацию и текущий ремонт в сумме должны быть меньшие.

Все здания и сооружения, входящие в состав животноводческих ферм, надо размещать так, чтобы были обеспечены наилучшие условия для правильной организации хозяйства, соблюдены экологическая безопасность и безопасность жизнедеятельности людей. Для этого все постройки на территории фермы располагают компактно, что сокращает протяженность трубопроводов и внутрифермских дорог.

Животноводческие здания, для которых требуется большой разрыв от жилых зданий, обычно располагают в глубине участка фермы и ниже кормовых построек с соблюдением между зданиями для содержания животных одного и того же разрыва, не менее 30 м.

Таблица 1.2. **Ориентировочные размеры территории крупных животноводческих комплексов и ферм**

Наименование проектов комплексов и ферм	Площадь территории, га				
	всего	в пределах ограждения комплекса	для хранения и переработки навоза	внешние дороги и озеленение	предприятия по кормопроизводству
Комплекс по выращиванию и откорму 108 тыс. свиней в год	30,0	19,6	1,7	5,0	3,7
Комплекс по выращиванию и откорму 54 тыс. свиней в год	22,9	15,8	1,3	3,0	2,8
Комплекс по выращиванию и откорму 24 тыс. свиней в год	13,1	9,2	1,0	1,0	1,9
Комплекс по выращиванию и откорму 12 тыс. свиней в год	8,1	5,7	0,6	0,7	1,1
Комплекс по выращиванию и откорму 10 тыс. голов молодняка КРС в год	19,9	14,7	2,3	1,0	1,9
Площадка по откорму КРС на 20 тыс. ското-мест	102,8	94,2	2,8	3,0	2,8
Площадка по откорму КРС на 30 тыс. ското-мест	100,3	88,8	3,3	4,5	3,7
Ферма крупного рогатого скота молочного направления на 1 200 коров боксового содержания	10,0	7,8	0,5	0,7	1,0
Ферма крупного рогатого скота молочного направления на 1 200 коров беспривязного содержания	14,9	12,6	0,6	0,7	1,0
Фермы крупного рогатого скота на 800 коров	9,5	6,0…8,0	–	0,5	1,0

Склад для грубых кормов, силосные траншеи целесообразно располагать вблизи проездов, связывающих с кормоцехом, и в непосредственной близости от основной транспортной дороги, по которой доставляются корма на ферму.

Необходимая минимальная величина санитарных разрывов между животноводческими и жилыми сооружениями составляет 150 м.

Животноводческие здания рекомендуется располагать длинной осью с севера на юг с отклонением до 30° для более равномерной внутренней освещенности, но по отношению к направлению господствующих ветров торцевой или угловой частью.

Постоянно действующие выходы должны находиться с подветренной стороны здания. Выгульные дворы располагаются в непосредственной близости от коровников и огораживаются высоким плотным забором из расчета на каждую взрослую голову скота 15 $м^2$, молодняка – 10 $м^2$.

Навозохранилища располагают ниже животноводческих зданий с подветренной стороны на расстоянии 60 м. Вокруг них устанавливают земляные отмостки и канавы для отвода поверхностных вод и производят посадку зеленых насаждений с наветренной стороны.

Кормоцех располагают так, чтобы он имел удобную связь со складами кормов и располагался вблизи животноводческих помещений.

Противопожарные емкости по 100 $м^3$ с радиусом действия 100 м располагают вокруг строений.

Места въезда и выезда на территорию фермы оборудуют дезбарьерами, ширина которых равна ширине проезда (прохода), длина – 1...1,5 м и глубина – 0,1...0,15 м.

Пути сообщения с сельскохозяйственными угодьями, пастбищами и водопоями для животных должны быть наиболее короткими и удобными, но не должны пересекать жилую зону.

Кроме того, необходимо учитывать возможность максимальной механизации трудоемких процессов с наименьшими затратами.

1.2. Формы производственных процессов

Под процессом понимается совокупность последовательных действий для достижения определенного результата в какой-либо сфере человеческой деятельности и технологические средства (машины, приспособления и инструменты, служащие для выполнения отдельных технологических операций или технологического процесса в целом).

К современным производственным процессам предъявляются требования по достижению наибольшей непрерывности, безопасности, гибкости и производительности при одновременном обеспечении оптимального управления производством, повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции. Эти требования могут быть успешно выполнены при совершенствовании производственных процессов в ходе их развития путем все более полной замены труда человека машинным трудом.

Традиционно основными формами такого развития производственных процессов, характеризующимися разной степенью участия в них

различных видов технических средств, являются механизация, автоматизация и компьютеризация производства.

Механизация производства – это модернизация производства путем замены ручных средств труда (инструментов) машинами, обеспечивающими выполнение технологических операций; при этом ручной труд используется для управления машинами, их регулирования и наладки, а также на тех нетрудоемких технологических операциях, механизация которых экономически нецелесообразна.

К техническим средствам механизации производства относятся рабочие машины, совершающие определенные технологические операции в производственном процессе, а также другие машины или механизмы, непосредственно не участвующие в этих операциях, но необходимые для того, чтобы данный процесс мог вообще совершаться (например, вентиляционные установки).

В зависимости от степени оснащения производственных процессов техническими средствами и рода работ различают частичную и комплексную механизацию производства.

При частичной механизации механизируются отдельные технологические операции или виды работ, как правило, наиболее трудоемкие, при сохранении значительной доли ручного труда, особенно при ветеринарном обслуживании животных.

Более высокой ступенью является комплексная механизация, при которой ручной труд заменяется машинным обычно на всех основных технологических операциях. Комплексная механизация осуществляется на основе рационального выбора машин, работающих во взаимно согласованных режимах, увязанных по производительности и обеспечивающих наилучшее выполнение заданных технологических операций. Ручной труд при комплексной механизации может сохраняться на отдельных нетрудоемких операциях, механизация которых не имеет существенного значения для облегчения труда или экономически нецелесообразна. За человеком остаются функции контроля и управления производственным процессом.

Комплексная механизация предопределяет возможность применения поточных методов производства продукции, способствует повышению ее качества, обеспечивает сохранение однородности, степени точности и постоянство заданных параметров.

Дальнейшее развитие механизации производства направлено на максимальную интенсификацию производственных процессов, сокращение технологического цикла, высвобождение рабочей силы, осу-

ществление комплексной механизации в наиболее трудоемких отраслях производства продукции животноводства.

Автоматизация производства – это модернизация производства, при которой выполнение технологических операций обеспечивается с помощью средств автоматики без непосредственного участия человека; при этом управление машинами, их регулирование и наладка осуществляются автоматически.

Полнота автоматизации всего производственного процесса животноводческого предприятия определяется уровнем автоматизации. Выделяют следующие уровни автоматизации:

– нулевой – участие человека исключается в ходе рабочего цикла машины или оборудования, т. е. по сути нулевой уровень автоматизации – это механизация;

– первый – автоматизировано выполнение отдельных технологических операций (снятие доильных стаканов, включение освещения, уборка навоза скреперным оборудованием и т. п.);

– второй – автоматизировано выполнение отдельных технологических процессов (поддержание параметров микроклимата, водоснабжение и автопоение животных);

– третий – автоматизация управления технологическими процессами.

Наиболее прогрессивные направления автоматизации производства связаны с применением технологического оборудования с программным управлением, роботизированных технологических комплексов и гибких производственных систем.

Технологическое оборудование с программным управлением представляет собой автомат (полуавтомат), подвижные органы которого совершают рабочие и вспомогательные движения автоматически по заранее установленной компьютерной управляющей программе.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) представляет собой совокупность автоматически действующих технологических машин, в том числе реализующих всю технологию производства за исключением функций управления и контроля, осуществляемых человеком.

С развитием программно-управляемого технологического оборудования и РТК появились новые организационно-технические формы использования автоматизированного оборудования – гибкие производственные системы (ГПС), представляющие собой автоматизированные производственные системы, в которых на основе соответствующих

технических средств и организационных решений обеспечивается возможность оперативной переналадки на выпуск новой продукции в довольно широких пределах ее номенклатуры и характеристик.

Компьютеризация производства – это модернизация производства, основанная на широком применении компьютерной техники, с помощью которой обеспечивается выполнение технологических процессов, а также организационно-экономическое управление производством.

С компьютеризацией производства тесно связана его информатизация – процесс активного формирования и крупномасштабного использования информационных ресурсов в производственной сфере на основе широкого распространения информационных технологий, представляющих собой совокупность методов сбора, хранения, обработки и передачи информации с помощью компьютерных и телекоммуникационных средств.

Информатизация технологических процессов осуществляется по следующим направлениям:

– информатизация контроля и управления отдельными технологическими операциями путем оснащения технологического оборудования комплексом приборов и датчиков;

– создание пакетов прикладных программ для специалистов для решения отдельных технологических задач;

– разработка компьютерных технологий управления производственным процессом в целом.

Наряду с указанными формами развития производственных процессов, все большее распространение получает еще одна форма – интеллектуализация производства, которая сегодня становится стратегическим направлением научно-технического прогресса для предприятий большинства отраслей экономики.

Интеллектуализация производства – это модернизация производства, при которой выполнение технологических процессов и организационно-экономическое управление производством основываются на широком применении интеллектуальных систем.

Интеллектуализацию производства следует рассматривать как высшую стадию его компьютеризации.

Все указанные формы развития производственных процессов находятся в тесной взаимосвязи, дополняя друг друга. При этом развитие механизации производства создает предпосылки для развития его автоматизации, развитие механизации и автоматизации производства создает предпосылки для развития его компьютеризации, а следовательно, и его интеллектуализации.

1.3. Общая характеристика интеллектуальных технических систем

Под технологией понимается управляемая человеком совокупность процессов целенаправленного изменения различных форм вещества, энергии и информации, а также средств осуществления этих процессов.

Особой разновидностью производственных технологий являются интеллектуальные производственные технологии. В них в роли технологических средств выступают интеллектуальные системы, которые отражают высокий уровень развития современных информационных технологий и представляют обширную область проведения теоретических исследований и практического (коммерческого) использования их результатов.

Характерной особенностью интеллектуальных систем является их способность реагировать на изменения, происходящие во внешней среде, настраивая определенным образом свои параметры в зависимости от состояния внешней среды.

Существуют различные виды интеллектуальных систем, которые характеризуются присущими им структурными и функциональными особенностями, сферами применения.

Интеллектуальные адаптивные системы. С помощью адаптивных (самоприспосабливающихся) систем можно существенно изменять характер управления автоматизированным производством, делать его в наивысшей степени автономным и способным сохранять работоспособность в условиях непредвиденного изменения свойств управляемого объекта, цели управления или условий внешней среды.

По способам адаптации они разделяются на самонастраивающиеся, самообучающиеся и самоорганизующиеся системы.

В самонастраивающихся системах приспособление к случайно изменяющимся условиям обеспечивается автоматическим поиском оптимальной настройки или автоматическим изменением параметров настройки (в результате контролируемый показатель качества управления поддерживается в заданных пределах).

Управление производством на основе применения самонастраивающихся систем позволяет оптимизировать режимы функционирования управляемых объектов, облегчает задачу унификации систем управления, сокращает время на испытания и наладку, снижает технологиче-

ские требования на изготовление устройств управления, освобождает обслуживающий персонал от трудоемких операций настройки.

В самообучающихся системах алгоритм функционирования вырабатывается и совершенствуется в процессе самообучения, который сводится к «пробам» и «ошибкам». При этом система выполняет пробные изменения алгоритма и одновременно контролирует результаты этих изменений. Если результаты оказываются благоприятными с точки зрения целей управления, то изменения продолжаются в том же направлении до достижения наилучших результатов или же до начала ухудшения процесса управления.

В самоорганизующихся системах приспособление к изменяющимся условиям или оптимизация процессов управления достигается изменением структуры системы управления, в частности, включением или выключением отдельных подсистем, качественным изменением алгоритмов управления, связей между подсистемами и схемы их подчинения и т. д.

Интеллектуальные роботизированные системы. В последние годы интеллектуальные системы активно внедряются в робототехнику.

Интеллектуальный робот – это робот, оснащенный интеллектуальной системой управления.

В состав интеллектуального робота входят следующие основные части:

– исполнительные органы – манипуляторы, ходовая часть и другие устройства, с помощью которых робот может воздействовать на окружающие его предметы (по аналогии с живыми организмами это «руки» и «ноги» робота).

– сенсоры – системы технического зрения, слуха, осязания, датчики расстояний, локаторы и другие устройства для получения информации из окружающего мира;

– система управления – это «мозг» робота, который принимает информацию от сенсоров и управляет исполнительными органами; эта часть робота реализуется с помощью программных средств.

Работа интеллектуального робота основывается на использовании систем искусственного интеллекта, методов нечеткой логики, искусственных нейронных сетей.

Искусственный интеллект – это свойство интеллектуальной системы выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. При этом под интеллектуальной системой понимается техническая или программная система, способная решать

задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы.

Структура интеллектуальной системы включает три основных блока: базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс, позволяющий вести общение с компьютером без специальных программ для ввода данных.

Нечеткая логика – это раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующийся на понятии так называемого нечеткого множества. Нечеткая логика представляет собой набор нестрогих правил, в которых для достижения поставленной цели могут использоваться радикальные идеи, интуитивные догадки, а также опыт специалистов, накопленный в соответствующей области.

На основе нечеткой логики и следящей системы технического зрения разрабатываются интеллектуальные системы управления мобильными роботами.

Искусственные нейронные сети – это математические модели, а также их программное или аппаратное воплощение, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма.

Нейронная сеть представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Каждый процессор нейронной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам.

Нейронные сети используются в задачах адаптивного управления и как алгоритмы для робототехники. Они не программируются в привычном смысле этого слова, вместо этого они обучаются.

Возможность обучения – это одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Обучение нейронных сетей заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение.

Беспроводные сенсорные сети. Беспроводная сенсорная сеть (wireless sensor network, WSN) – это распределенная, самоорганизующаяся сеть множества сенсоров и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиосвязи. Область покрытия та-

кой сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретранслировать сообщения от одного элемента сети к другому.

Использование сравнительно недорогих беспроводных сенсорных устройств открывает широкие возможности для применения систем телеметрии и контроля. В животноводстве сенсорные сети используются для беспроводного сбора данных, мониторинга и обслуживания машин, контроля окружающей среды, отслеживания активности и физиологических параметров животных.

Системы радиочастотной идентификации. Радиочастотная идентификация (radio frequency identification, RFID) – это способ автоматической идентификации объектов, в котором дистанционно, посредством радиосигналов, считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах (приемопередающих устройствах), или RFID-метках.

Большинство RFID-меток состоит из двух частей: интегральной схемы (для хранения и обработки информации, модулирования или демодулирования радиочастотного сигнала и некоторых других функций) и антенны (для приема и передачи сигнала).

Спутниковые навигационные системы. Спутниковая система навигации представляет собой комплексную электронно-техническую систему, которая состоит из совокупности наземного и космического оборудования и предназначена для определения местоположения (географических координат и высоты) и точного времени, а также параметров движения (скорости и направления движения и т. д.) для наземных, водных и воздушных объектов.

Принцип работы спутниковых систем навигации основан на измерении расстояния от антенны на объекте (координаты которого требуется получить) до спутников, положение которых известно с большой точностью.

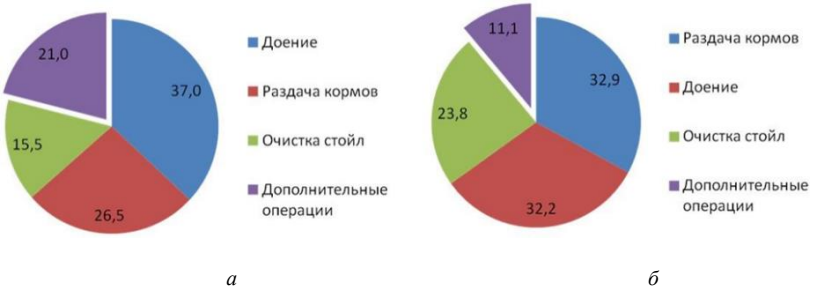
В свою очередь, измерение расстояния от спутника до антенны приемника основано на определенности скорости распространения радиоволн. Для осуществления возможности измерения времени распространяемого радиосигнала каждый спутник навигационной системы излучает сигналы точного времени, используя точно синхронизированные с системным временем атомные часы. При работе спутникового приемника его часы синхронизируются с системным временем, и при дальнейшем приеме сигналов вычисляется задержка между временем излучения, содержащимся в самом сигнале, и временем приема

сигнала. Располагая этой информацией, навигационный приемник вычисляет координаты антенны. Все остальные параметры движения (скорость, курс, пройденное расстояние) вычисляются на основе измерения времени, которое объект затратил на перемещение между двумя или более точками с определенными координатами.

1.4. Направления развития интеллектуальных систем в технологиях точного животноводства

Пооперационный анализ затрат труда работников на весь технологический процесс производства молока показал, что наибольшее количество времени приходится на выполнение следующих операций: доение – 37 % от общих трудовых затрат, раздачу кормов – 26,5 %, очистку стойл и проходов от навоза – 15,5 % (рис. 1.1, *а*).

Из расчета затрат труда по дополнительным показателям видно, что и по затратам физической энергии наиболее трудоемкими являются раздача кормов – 32,9 % и доение – 32,2 %. Затраты энергии персонала, связанные с кормлением животных и уборкой навоза, в целом составляют 56,7 % (рис. 1.1, *б*).



а *б*

Рис. 1.1. Пооперационный анализ затрат труда на производство молока:
а – затраты времени на выполнение технологических операций, %;
б – затраты физического труда на выполнение технологических операций, %

Анализ поставляемых на рынок роботизированных систем для животноводства показал, что практически все они предназначены для выполнения работ по кормлению и доению животных, а также очистки проходов животноводческих помещений от навоза на фермах для содержания крупного рогатого скота.

На рис. 1.2 представлена базовая классификация сельскохозяйственных роботов для выполнения технологических операций на животноводческих предприятиях по производству коровьего молока.

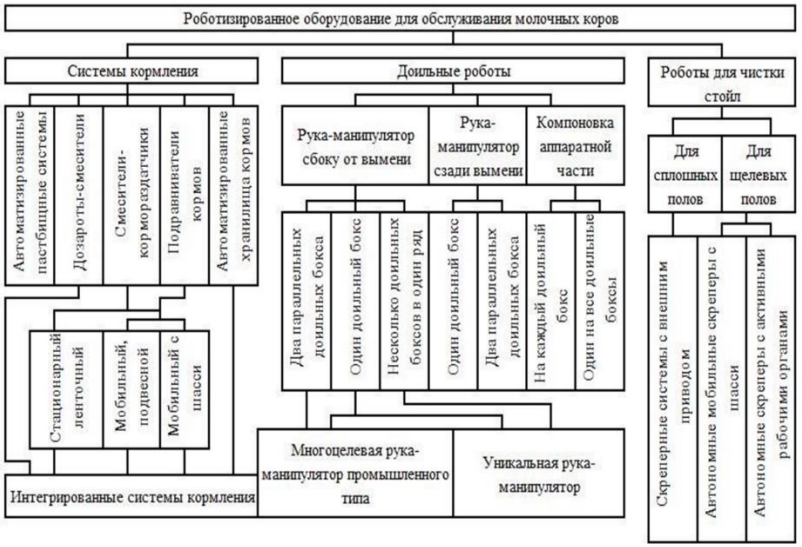


Рис. 1.2. Классификация сельскохозяйственных роботов для обслуживания молочных коров

Основными производителями роботов для широкого спектра технологических операций являются такие фирмы, как Lely, DeLaval, GEA Farm Technologies, BouMatic.

1.5. Системы идентификации животных и контроля их физиологического состояния

Базовым элементом любых систем управления производства молока служат устройства автоматической идентификации (распознавания) каждой отдельной коровы.

В таких устройствах могут использоваться различные физические принципы связи и передачи информации об идентификационных признаках: радиотехнический, оптический, магнитный, электрический, акустический или индукционный. Суть этой системы состоит в следу-

ющем: на ошейнике (или ноге) каждой коровы подвешивается (закрепляется) транспондер (рис. 1.3), который не имеет собственного питания и поэтому является пассивным устройством.



Рис. 1.3. Общий вид ошейника с транспондером

Каждый транспондер передает на считывающее устройство уникальный идентификационный номер. Считывающие устройства размещают в специальных пунктах, через которые проходят животные: около кормушек, на доильных установках, весоизмерительных платформах, разделителях потока животных и других местах. Устройства распознавания часто используют в сочетании с другими контрольными, регистрирующими и исполнительными системами.

Системы распознавания идентификационного номера животного в большинстве случаев основаны на принципе кодово-импульсной модуляции. Распознанный номер используется для вывода на специальное табло, передачи в программный блок (ЭВМ), записи информации.

Идентификационные метки (транспондеры) также могут выполняться в виде ушных бирок или желудочных капсул (болюсов).

Желудочная идентификационная капсула, вводящаяся через ротовую полость животного с помощью специального аппликатора (болюсодавателя), после попадания в желудок задерживается в рубце, не проходя дальше по пищеварительному тракту. Болюс, впрочем как и другие RFID-метки, не нуждается в источнике питания и содержит нестираемый идентификационный код. Корпус болюса изготавливается из безопасных и устойчивых к воздействию желудочного сока материалов (рис. 1.4, *а*).

Помимо идентификационных желудочных капсул в молочном скотоводстве находят применение активные болюсы, позволяющие, по-

мимо идентификации, отслеживать такие физиологические показатели животного, как температура и кислотность (pH) в рубце. Такой болюс осуществляет измерение показателей с интервалом 10 мин и сохраняет полученные данные в собственной памяти в течение 90–150 дней. Активный болюс имеет встроенную Li-Ion батарею, обеспечивающую его питание в течение 4 лет (рис. 1.4, *б*).



а *б*

Рис. 1.4. Общий вид желудочных болюсов:
а – идентификационные болюс; *б* – активный болюс smaXtex pH Plus

Передача данных с болюсов осуществляется следующим образом (рис. 1.5): стационарный сканер излучает электромагнитное поле и, когда животное проходит через него, электромагнитные волны улавливаются антенной болюса, что активизирует электронный чип, находящийся внутри датчика. Сканер считывает с чипа идентификационные данные животного и данные о его физиологических показателях. Далее через беспроводное соединение или локальную сеть информация поступает в персональный компьютер, обрабатывается программой управления стадом и представляется в виде графиков или таблиц для ее последующего анализа персоналом фермы.

Автоматическая идентификация каждой коровы дает возможность реализовать три основные производственные функции (подсистемы) автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) производства молока:

– контроль продуктивности скота;

– индивидуальное нормированное кормление животных;

– комплексное управление молочным производством на ферме в целом.

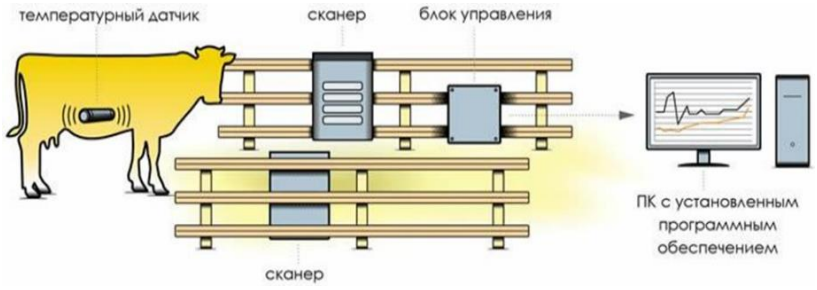


Рис. 1.5. Состав системы для считывания информации с болюсов

Разработаны высокоэффективные многофункциональные счетчики молока, автоматически контролирующие основные технологические параметры в процессе доения коровы (температура, электропроводность, цвет, диэлектрическая проницаемость и другие параметры молока).

В совокупности с датчиками потока молока работают элементы автоматики для определения периода охоты у коров, живой массы животных, их двигательной активности и других параметров зоотехнического учета.

Компанией ISBC разработаны FID-метки, позволяющие идентифицировать животных и отслеживать их перемещение на протяжении всей жизни (рис. 1.6). RFID-метка не только позволяет записать гораздо больше информации, чем штрих-код, но, что очень важно, ее гораздо проще считать, так как совершенно не обязательно располагать ее в прямой видимости считывателя.

Когда животное перемещается по ферме (например, переходит из одного помещения или загона в другой), его метка считывается и данные автоматически обновляются в информационной системе фермы.

Принцип работы системы считывания следующий: в проходе устанавливается стационарный считыватель и, если требуется, одна или несколько антенн для увеличения зоны считывания. При пересечении животным зоны считывания, идентификационный номер особи передается в информационную систему фермы вместе со временем пересечения ворот и указанием его расположения.

Внедрение RFID-систем позволяет перейти к автоматическому заполнению и ведению электронного паспорта животного. Таким образом, удается не только сократить время обработки данных, но и снизить вероятность возникновения ошибок при занесении данных в ин-

формационную систему фермы. При сканировании животного данные о нем отображаются на экране ручного считывателя. Электронный паспорт позволяет контролировать качество продукции и повышает доверие к поставщикам.

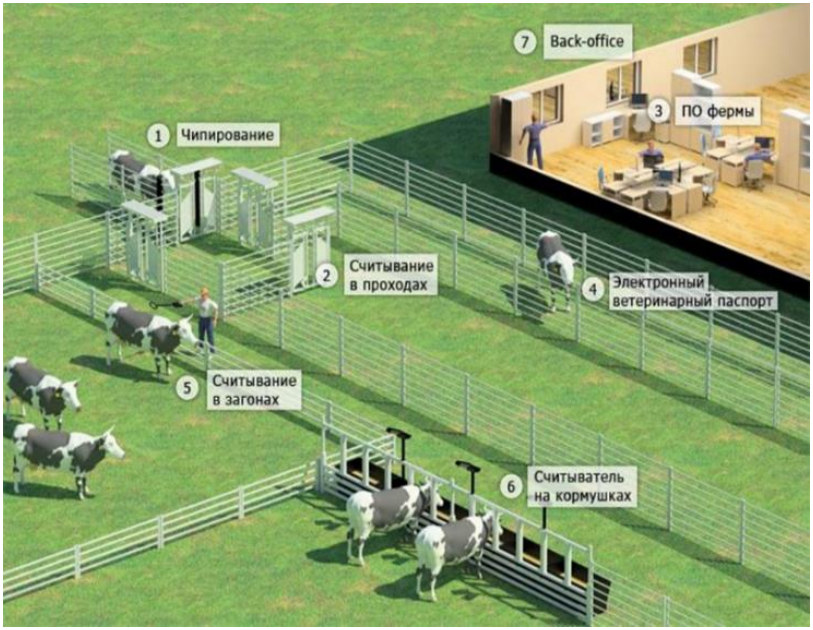


Рис. 1.6. Элементы системы RFID-идентификации крупного рогатого скота

Для оптимизации режимов кормления, а также для получения статистических данных о состоянии животных стационарные считыватели меток могут быть установлены рядом с кормушками. Когда животное подходит к месту кормления, считыватель определяет, какое животное подошло к кормушке, сколько провело времени. На основе полученных данных можно вывести закономерности, позволяющие определить, как режим кормления связан с надоями, сделать время кормления более удобным и т. п.

1.6. Практическая работа 1. Выбор рационального состава животноводческого предприятия

Цель работы. Обоснование рационального состава предприятия по производству молока.

Содержание работы. На основании мощности и технологии содержания животных определить потребность в зданиях и сооружениях предприятия по производству молока.

Последовательность выполнения.

Состав животноводческого предприятия представляет собой исходные данные для разработки схемы генерального плана и дает представление о форме и размерах отводимого под строительство земельного участка, взаимном расположении зданий и сооружений, внутренней дорожной сети предприятия и протяженности инженерных сетей.

Площадь молочного $S_{мб}$ или доильно-молочного $S_{дмб}$ (рис. 1.7) блока рассчитывают по формулам

$$S_{мб} = S_{м} + S_{вб}; \tag{1.1}$$

$$S_{дмб} = S_{м} + S_{вб} + S_{пд} + S_{дз}, \tag{1.2}$$

где $S_{м}$ – площадь помещения молочной, м^2;

$S_{вб}$ – площадь помещений вспомогательного, ветеринарного и бытового назначения, $S_{вб}$ = 180–240 м^2;

$S_{пд}$ – площадь преддоильной площадки, м^2;

$S_{дз}$ – площадь доильного зала, м^2.

В помещении молочной *8* (см. рис. 1.7) размещается оборудование для охлаждения молока, автомат промывки доильной установки, водонагреватели и др. При проектировании молочного (доильно-молочного) блока площадь молочной определяют исходя из размеров оборудования и необходимых проходов между ним. В учебных целях площадь $S_{м}$ может быть рассчитана по формуле

$$S_{м} = П_{д} s_{м}, \tag{1.3}$$

где $П_{д}$ – поголовье дойных коров на ферме, гол.;

$s_{м}$ – площадь молочной в расчете на одну корову, $s_{м}$ = 0,15–0,20 м^2.

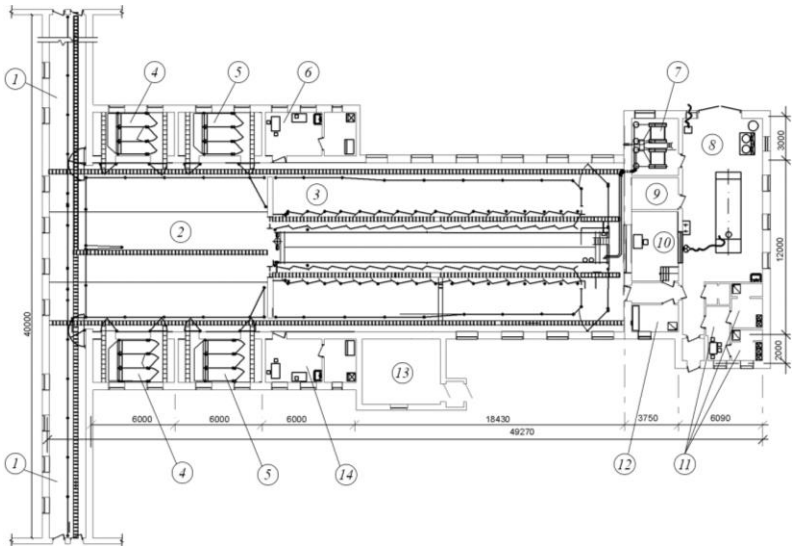


Рис. 1.7. План доильно-молочного блока с установкой доильной УДМ-32Е: *1* – скотопрогоны; *2* – преддоильная площадка; *3* – доильный зал; *4* – секции для обслуживания больных животных; *5* – секции для осеменения; *6* – комната осеменатора с препараторской; *7* – вакуум-насосная; *8* – молочная; *9* – электрощитовая; *10* – операторская; *11* – бытовые помещения (гардеробные, душевые, комната приема пищи, туалет); *12* – помещение для моюще-дезинфицирующих средств и уборочного инвентаря; *13* – котельная; *14* – комната ветврача с аптекой

Преддоильная площадка *2* должна вмещать коров из одной секции коровника. Ее площадь вычисляют по формуле

$$S_{\text{пд}} = C_{\text{кс}} s_{\text{пд}}, \tag{1.4}$$

где $C_{\text{кс}}$ – количество ското-мест в одной секции коровника;

$s_{\text{пд}}$ – норма площади преддоильной площадки на 1 гол., $s_{\text{пд}}$ = 1,8–2,0 м^2.

Площадь доильного зала *3* определяется размерами монтируемой в нем доильной установки. В учебных целях площадь доильного зала может быть определена по формуле

$$S_{\text{дз}} = z_{\text{ст}} s_{\text{дз}}, \tag{1.5}$$

где $z_{\text{ст}}$ – количество станков доильной установки (табл. 1.3);

$s_{дз}$ – площадь доильного зала в расчете на 1 станок, для доильных установок типов «Елочка» и «Параллель» $s_{дз}$ = 10–12 м^2.

Таблица 1.3. **Рекомендуемое количество станков доильной установки**

Поголовье дойных коров, гол.	Количество и конфигурация станков	Поголовье дойных коров, гол.	Количество и конфигурация станков
100	8Е	500	28Е, 24БЕ, 24БП
150	12Е	600	32Е, 28БЕ, 28БП
200	16Е	800	32БЕ, 32БП
300	20Е	1 000	40БП
400	24Е, 20БП	1 200	48БП

Длину молочного или доильно-молочного блока рассчитывают по формулам

$$L_{мб} = \frac{S_{мб}}{B_{мб}};\ L_{дмб} = \frac{S_{дмб}}{B_{дмб}}, \qquad (1.6)$$

где $B_{мб}$, $B_{дмб}$ – ширина молочного (доильно-молочного) блока; принимают из стандартного ряда значений 12, 15, 18 и 21 м.

Размеры родильного отделения определяют исходя из поголовья содержащихся в нем групп животных и способов их содержания. В учебных целях допускается принимать размеры родильного отделения без подробного обоснования. При выполнении работы ширину здания $B_р$ принимают из стандартного ряда: 21, 24 или 27 м. Длину родильного отделения $L_р$ принимают равной длине коровника $L_к$. Вдоль длинных сторон здания в обязательном порядке проектируют выгульные площадки шириной $B_{вп.\,р}$ = 6–9 м и длиной, равной длине родильного отделения ($L_{вп.\,р} = L_р$).

Ширину профилактория для телят при двухрядном расположении индивидуальных домиков или клеток принимают равной $B_п$ = 6 м. Длину профилактория определяют по формуле

$$L_п = \frac{C_т b_д}{2}, \qquad (1.7)$$

где $C_т$ – потребное количество ското-мест для телят;

$b_д$ – ширина индивидуального домика (клетки), $b_д$ = 1,2–1,3 м.

В случае, если на проектируемой молочно-товарной ферме (комплексе) используется стойлово-пастбищная или круглогодовая стойло-

во-выгульная система содержания, рядом с коровниками *1* (рис. 1.8) проектируют внешние *5* и внутренние *6* выгульные площадки. Длину внешних выгульных площадок $L_{\text{вп. вн}}$ принимают равной длине коровника $L_{\text{к}}$ (при использовании координатных кормораздатчиков или комбинированного способа доставки и раздачи кормов длину внешних выгульных площадок $L_{\text{вп. вн}}$ уменьшают на ширину поперечных кормовых проходов $b_{\text{пк}}$).

Длину внутренних выгульных площадок *6* определяют по формуле

$$L_{\text{вп. в}} = \frac{L_{\text{к}} - B_{\text{г}}}{2}, \tag{1.8}$$

где $L_{\text{к}}$ – длина коровника, м;

$B_{\text{г}}$ – ширина соединительной галереи; для привязного способа содержания $B_{\text{г}}$ = 3 м; для беспривязного и беспривязно-боксового $B_{\text{г}}$ = 6–9 м.

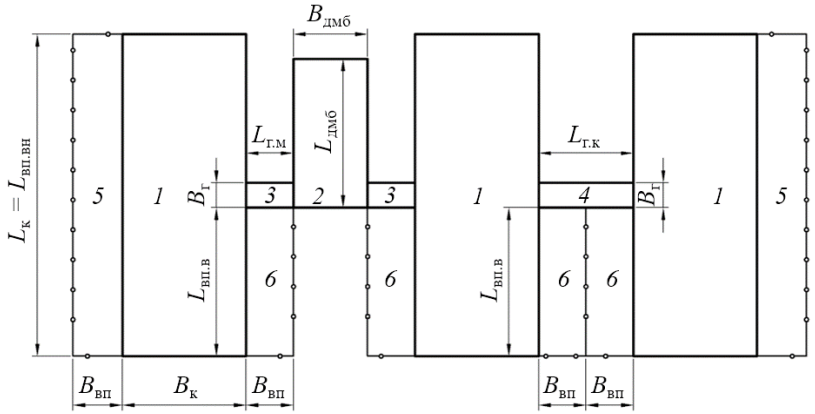


Рис. 1.8. Схема к определению размеров выгульных площадок и соединительных галерей:
1 – коровники; *2* – доильно-молочный блок; *3, 4* – соединительные галереи;
5, 6 – выгульные площадки

Ширину внешних *5* и внутренних *6* выгульных площадок рассчитывают по формуле

$$B_{\text{вп}} = \frac{C_{\text{к}} s_{\text{вп}}}{2L_{\text{вп. вн}}}, \tag{1.9}$$

где $C_к$ – количество ското-мест в коровнике;

$s_{вп}$ – норма площади выгульных площадок на 1 корову, $s_{вп}$ = 4–8 м^2;

$L_{вп.\ вн}$ – длина внешних выгульных площадок, м.

Соединительные галереи *3* и *4* предназначены для перемещения персонала и животных между коровниками и доильно-молочным блоком (при привязном способе содержания – только для перемещения персонала между коровниками и молочным блоком).

Здание кормоцеха на генеральном плане проектируют при использовании стационарных смесителей кормов (СКК-18В, СКК-21В и т. п.), а также при раздаче кормов с помощью автоматизированных линий (Triomatic, Vector, DairyFeed F4500 и др.) с координатными кормораздатчиками. Размеры кормоцеха определяют исходя из размеров расположенного внутри него оборудования с учетом необходимых проходов и проездов. Кормоцех для стационарного смесителя кормов на генеральном плане фермы располагают в пределах функциональной зоны хранения и приготовления кормов. Здание кормоцеха для автоматизированной линии приготовления и раздачи кормов блокируют с коровником.

Для приготовления комбикормов непосредственно на ферме (комплексе) на генеральном плане проектируют комбикормовый цех, размеры которого определяют исходя из габаритов и схемы размещения оборудования (рис. 1.9). Для упрощения технологического процесса комбикормовый цех блокируют со складом концентрированных кормов.

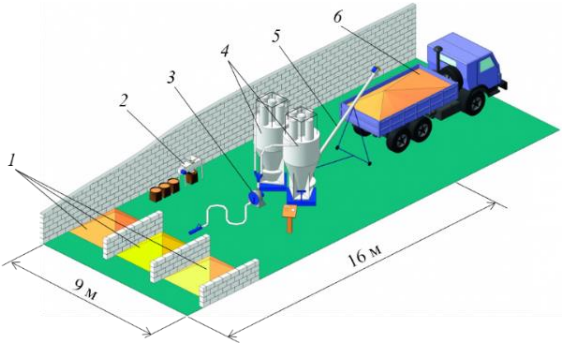


Рис. 1.9. Схема размещения оборудования комбикормового цеха:
1 – засеки для зерна; *2* – смеситель малообъемных добавок; *3* – дробилка;
4 – смесители; *5* – шнек; *6* – транспортное средство

Размеры площадки для хранения подстилочного материала (прессованная в рулоны или крупногабаритные тюки солома) определяют исходя из количества и габаритов размещаемых на ней штабелей *1* (рис. 1.10), а также обеспечения требуемой ширины проездов между ними.

При размещении штабелей в несколько рядов (на рис. 1.10 показано 2-рядное размещение штабелей; $z_{\text{р. ш}} = 2$) ширину $B_{\text{п. п}}$ и длину $L_{\text{п. п}}$ площадки рассчитывают по формулам

$$B_{\text{п. п}} = \frac{n_{\text{ш}}}{z_{\text{р. ш}}} B_{\text{ш}} + \left(\frac{n_{\text{ш}}}{z_{\text{р. ш}}} + 1 \right) B_{\text{пр}}; \qquad (1.10)$$

$$L_{\text{п. п}} = z_{\text{р. ш}} L_{\text{ш}} + \left(z_{\text{р. ш}} + 1 \right) B_{\text{пр}}, \qquad (1.11)$$

где $n_{\text{ш}}$ – потребное количество штабелей (если $n_{\text{ш}}$ нечетное число и $n_{\text{ш}} > 1$, то используемое в расчетах значение увеличивают на 1; например, если $n_{\text{ш}} = 5$, то в расчетах используют $n_{\text{ш}} = 6$);

$z_{\text{р. ш}}$ – число рядов штабелей (для схемы на рис. 1.10 $z_{\text{р. ш}} = 2$);

$B_{\text{ш}}$, $L_{\text{ш}}$ – ширина и длина одного штабеля, м;

$B_{\text{пр}}$ – ширина проезда между штабелями, $B_{\text{пр}} = 4$–6 м.

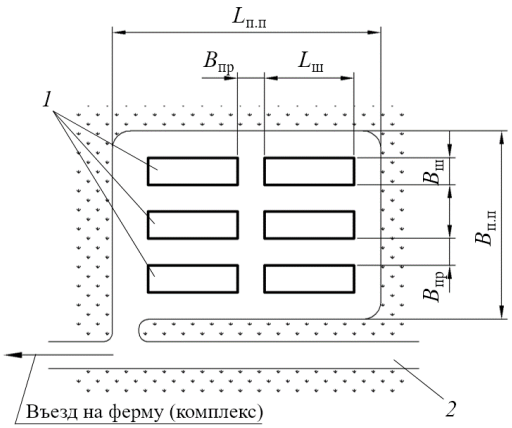


Рис. 1.10. Схема к определению размеров площадки для хранения подстилочного материала:
1 – штабели прессованной в рулоны (тюки) соломы; *2* – подъездная дорога

С целью более плотной застройки земельного участка и соблюдения противопожарных норм площадка для хранения подстилочного материала может быть вынесена за пределы ограждения фермы или комплекса и размещена рядом с подъездной дорогой *2*.

Площадки для временного хранения твердого навоза проектируют в тех случаях, когда для уборки подстилочного навоза в коровниках и (или) на выгульных площадках предполагается использовать мобильные агрегаты.

Для случая, когда выгульная система содержания животных сочетается с беспривязным или беспривязно-боксовым способом содержания и подстилочным методом содержания, площадки для временного хранения навоза *5* (рис. 1.11) проектируют напротив коровников *1* и примыкающих к ним выгульных площадок *4*. В этом случае длина площадки для хранения навоза равна

$$L_{\text{п. н}} = B_{\text{к}} + 2B_{\text{вп}}, \qquad (1.12)$$

где $B_{\text{к}}$ – ширина коровника, м.

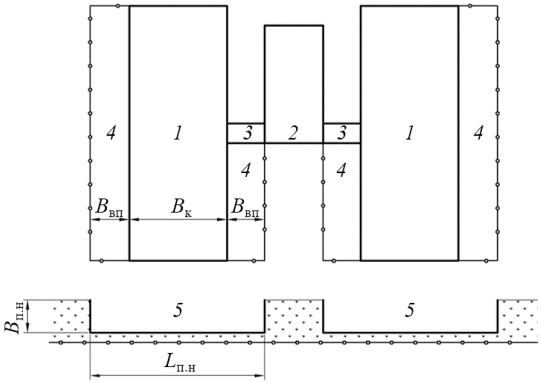


Рис. 1.11. Размещение площадок для временного хранения навоза при выгульном беспривязном (беспривязно-боксовом) содержании КРС на подстилке:
1 – коровники; *2* – доильно-молочный блок; *3* – соединительные галереи;
4 – выгульные площадки; *5* – площадки для временного хранения навоза

При использовании стационарного оборудования (скреперные установки, скребковые транспортеры и т. п.) для уборки навоза в коровниках площадки для временного хранения навоза *5* (рис. 1.12) размещают только напротив выгульных площадок *4*. В этом случае длину

площадки для хранения навоза $L_{\text{п. н}}$ принимают равной ширине выгульной площадки $B_{\text{вп}}$.

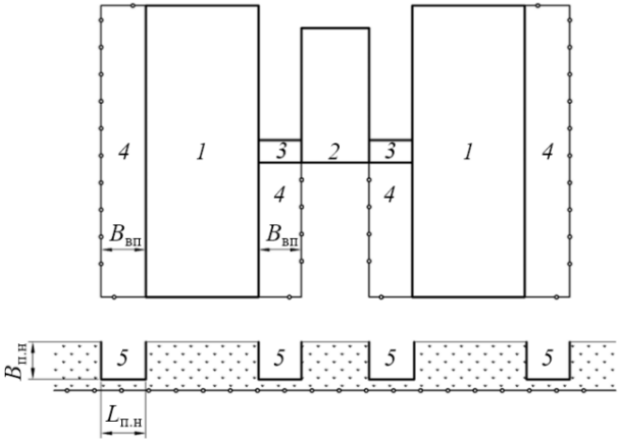


Рис. 1.12. Размещение площадок для временного хранения навоза при выгульной системе содержания КРС и уборке навоза в коровниках стационарным оборудованием:
1 – коровники; *2* – доильно-молочный блок; *3* – соединительные галереи; *4* – выгульные площадки; *5* – площадки для временного хранения навоза

В случае беспривязного или беспривязно-боксового содержания животных без выгула площадки для временного хранения навоза *4* (рис. 1.13) проектируют напротив коровников *1*. Длину площадок принимают равной ширине коровников: $L_{\text{п. н}} = B_{\text{к}}$.

Во всех трех вышеописанных случаях ширину площадок для временного хранения твердого навоза рассчитывают по формуле

$$B_{\text{п. н}} = \frac{S_{\text{Хтн}}}{L_{\text{п. н}} n_{\text{п. н}}}, \qquad (1.13)$$

где $S_{\text{Хтн}}$ – потребная площадь хранилищ твердого навоза, м^2;

$n_{\text{п. н}}$ – количество площадок для временного хранения навоза.

Помимо коровников площадку для временного хранения подстилочного навоза проектируют напротив родильного отделения. Длину площадки обосновывают по схеме на рис. 1.11, ширину – принимают равной значению $B_{\text{п. н}}$, рассчитанному по формуле (1.13).

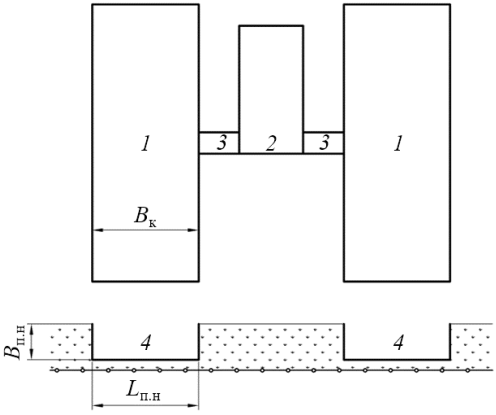


Рис. 1.13. Размещение площадок для временного хранения навоза при беспривязном (беспривязно-боксовом) содержании КРС без выгула: *1* – коровники; *2* – доильно-молочный блок; *3* – соединительные галереи; *4* – площадки для временного хранения навоза

При использовании на молочно-товарных фермах и комплексах беспривязно-боксового способа содержания животных в сочетании с бесподстилочным методом содержания для накопления и хранения полужидкого навоза проектируют навозосборник и навозохранилища. Размеры хранилища полужидкого навоза (лагуны) рассчитывают по формуле

$$B_{хн} = \sqrt{\frac{S_{Хпн}}{n_{хн}}}, \qquad (1.14)$$

где $S_{Хпн}$ – потребная площадь хранилищ полужидкого навоза, м^2;

$n_{хн}$ – количество хранилищ, $n_{хн}$ = 2–4.

Размеры прочих зданий и сооружений вспомогательного назначения принимаются по табл. 1.4.

После обоснования состава животноводческого предприятия рассчитывают площадь, занимаемую отдельными зданиями и сооружениями:

$$S_i = n_i B_i L_i, \qquad (1.15)$$

где n_i – количество i-ных объектов (здания, сооружения);

B_i, L_i – ширина и длина i-го объекта, м.

Таблица 1.4. **Размеры зданий и сооружений вспомогательного назначения**

Наименование	Размеры в плане, м	
	ширина	длина
Контрольно-пропускной пункт	6	6
Крытый дезбарьер	5	12
Мини-котельная	6	6
Автовесовая	4	24
Артезианский водозабор	4	4
Водонапорная башня	4	4
Трансформаторная подстанция	4	6
Пожарный резервуар	6–10	12–18
Колодец-накопитель навозных стоков	3–4	6–15
Навозосборник	6–8	9–15

Глава 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОДГОТОВКИ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ

2.1. Виды скармливаемых кормов и схемы подготовки к скармливанию

Под кормовой базой понимается объем и качество кормов, научно обоснованная система их производства, приготовления, хранения и использования в животноводстве.

Каждый вид используемых кормов характеризуется питательной ценностью. Она определяется содержанием обменной и продуктивной энергии протеина, клетчатки, жиров и других органических веществ.

В рационе животным и птице используются следующие корма.

Грубые корма:

– сено скармливается как полноценный корм без применения подготовительных операций. В измельченном виде сено может скармливаться в составе кормовой смеси, при этом размер частиц должен находиться в пределах 30…50 мм;

– солому измельчают и запаривают для лучшей поедаемости животными и повышения питательности рациона. При этом величина частиц измельченной соломы для крупного рогатого скота должна быть 4…5 см (КРС не дают мелкую резку), а количество частиц, расщепленных вдоль волокон, должно быть 80…90 % от общей массы. Кроме того, с целью повышения эффективности использования питательных веществ грубых кормов соломенную резку смешивают с другими видами корма (силос, ККП и др.).

Грубостебельное сено и солому в основном приготавливают по таким технологическим схемам:

измельчение > дозирование > смешивание;

измельчение > запаривание > дозирование > смешивание;

измельчение > химическая или биологическая обработка > дозирование > смешивание.

Стебельчатые корма:

– сенаж готовят из трав, провяленных до 45…55 % и измельченных на частицы размером 60…80 мм. Измельчение провяленной зеленой массы при закладке на хранение позволяет выдавать этот вид корма в кормушки кормораздатчиками общего назначения. Сенаж, вынутый из траншеи, поступает для скармливания в этот же день (при более длительном хранении происходит разрушение витаминов, теряется аромат, масса сильно грубеет);

– силос готовят путем измельчения зеленой массы, при этом длина ее резки должна быть не менее 20 мм. Измельчение зеленой массы при закладке силоса на хранение позволяет выдавать его в кормушки кормораздатчиками общего назначения;

– свежеубранная зеленая масса скармливается как полноценный корм без применения подготовительных операций.

Сочные корма:

– корнеклубнеплоды занимают в кормовом балансе животных важное место. Наиболее часто в рационы включаются кормовая и сахарная свекла, морковь, брюква, картофель. Корнеклубнеплоды отличаются большим содержанием воды (70…90 %) и низким содержанием протеина, жира и клетчатки, они бедны фосфором и кальцием. Это обуславливает их скармливание в составе кормосмеси.

Перед скармливанием животным корнеклубнеплоды требуют предварительной очистки от почвы.

Если корнеплоды скармливаются в резаном виде, то их режут столько, сколько полагается на дачу. Будучи заранее нарезанными, они скоро портятся, чернеют и выпускают сок.

Корнеклубнеплоды обрабатывают и приготовляют по следующим технологическим схемам:

мойка > резка;

мойка > резка > дозирование > смешивание;

мойка > запаривание > разминание > смешивание;

мойка > измельчение > дозирование > дрожжевание > смешивание.

Высокоэнергетические корма:

– зерновые корма являются важным источником пополнения кормового белка в рационе животных, из которых наибольший удельный вес занимают ячмень, овес и рожь.

Для приведения зернофуража в стойкое для хранения состояние известны три технологии. Одна из них *предусматривает сушку влажного зерна до 14 %* и закладку его на хранение в специализированные помещения, где необходимо поддерживать режим влажности воздуха. Для скармливания этих кормов в измельченном виде используются дробилки.

Технология консервирования плющеного зерна в начале восковой спелости, при влажности его от 14 до 40 %. Зерно в этом случае не высушивается, а закладывается на хранение сразу после плющения.

Известна технология консервирования зерна при влажности его от 14 до 40 % путем его измельчения;

– комбинированные концентрированные корма для крупного рогатого скота должны иметь частицы размером от 1,5 до 4 мм (крупный помол). Жмых дробят до 4…8 мм. Загрязненность зерновых кормов при этом не должна превышать: песком – 0,5…1,7 %, горчаком, вязелем и спорыньей – 0,04 %, головней, плевелом – 0,25 %. Содержание металломагнитных примесей размером до 2 мм с неострыми краями допускается не более 30 мг/кг корма.

Комбинированные концентрированные корма в основном приготавливают по схемам:

очистка > дробление > дозирование > смешивание;

очистка > дробление > дозирование > дрожжевание > смешивание;

очистка > измельчение и дозирование > смешивание > брикетирование (гранулирование).

Задача подготовки кормов к скармливанию заключается в том, чтобы уменьшить потери энергии корма путем повышения его питательной ценности, поедаемости, переваримости и усвоения животными. Обработка кормов в процессе приготовления предупреждает заболевание животных, уничтожает вредное влияние некоторых кормов на качество продукции. Различают механические, тепловые, химические и биологические способы обработки кормов.

К механическому способу обработки кормов относятся очистка, мойка, просеивание, резание, дробление, раскалывание, истирание, плющение, прессование, гранулирование, брикетирование, смешивание, дозирование и др. Такие способы обработки кормов наиболее ши-

роко применяются как на мелких, так и на крупных комплексах, в кормоцехах и на комбикормовых заводах.

Тепловые способы обработки – запаривание, заваривание, сушка, выпаривание, пастеризация.

Химические способы (гидролиз, обработка щелочью, кислотами, каустической содой и аммиаком, известкование, консервирование и др.) используют реже из-за трудностей, связанных с использованием и хранением активных веществ.

Биологические способы (силосование, заквашивание, осолаживание, дрожжевание и др.) основаны на воздействии на корм молочнокислых бактерий, дрожжевых клеток и других микроорганизмов и ферментов. Эти способы позволяют улучшить питательную ценность, поедаемость и сохранность кормов.

На животноводческих фермах и комплексах применяют комбинированные способы обработки кормов, сочетающие механические операции с тепловой, химической и биологической обработкой.

2.2. Расчет потребности в кормах

Планирование производства кормов подразделяют на три этапа:

– определяют потребность в них отдельных видов скота и птицы и хозяйства в целом;

– разрабатывают кормовой план (план производства);

– составляют баланс кормов по их объему и протеину.

Потребность в кормах рассчитывают на два периода:

– от урожая планируемого года до урожая будущего года;

– с первого января планируемого года до первого января следующего года.

С учетом потребности в кормах обосновывают план посева кормовых культур на предстоящий год. При этом определяют плановую урожайность и валовые сборы кормовых культур.

Годовую потребность в кормах подсчитывают, зная поголовье животных или птицы и кормовые рационы. Последние выбирают в зависимости от вида животных или птицы, их продуктивности, а также с учетом зоны расположения хозяйства.

Суточный расход каждого вида корма:

$$q_{\text{с}} = q_{\text{1}} m_{\text{ж1}} + q_2 m_{\text{ж2}} + ... + q_n m_{\text{жп}} = \sum_{1}^{q} q_n m_{\text{жп}}, \qquad (2.1)$$

где q_1, q_2, ..., q_n – суточная норма выдачи корма в расчете на одно животное для различных групп, кг;

$m_{ж1}$, $m_{ж2}$, ..., $m_{жn}$ – поголовье животных в группах, гол.

Годовая потребность в кормах:

$$q_г = q_{с.з} t_л k + q_{с.л} t_з k, \quad (2.2)$$

где $q_{с.л}$, $q_{с.з}$ – суточный расход кормов в летний и зимний периоды, кг;

$t_л$, $t_з$ – продолжительность летнего и зимнего периодов использования данного вида корма, дн.;

k – коэффициент, учитывающий потери кормов во время хранения и транспортировки (для концентрированных кормов k = 1,01; для корнеплодов k = 1,03; для силоса k = 1,1; для зеленой массы k = 1,05).

Продолжительность летнего и зимнего периодов использования кормов зависит от зоны расположения хозяйства (табл. 2.1).

Таблица 2.1. **Продолжительность летнего и зимнего периодов использования кормов в различных районах страны**

Период года	Продолжительность периода (дни) в районах с расчетной зимней температурой самой холодной пятидневки (°С)				
	ниже –40	–30…–40	–25…–30	–20…–25	до –20
Летний	125	155	185	215	245
Зимний	240	210	180	150	120

2.3. Нормирование запасов кормов на животноводческом предприятии

Наличие запасов – это расходы. Однако отсутствие запасов – это тоже расходы, только выраженные в форме разнообразных потерь.

Основными причинами создания запасов кормов на животноводческом предприятии являются:

– возможность колебания спроса;

– сезонные колебания производства. Например, урожай картофеля убирается в начале осени. Потоки же этого клубнеплода идут круглый год. Следовательно, должен накапливаться запас.

– сведение к минимуму простоев производства;

– упрощение процесса управления производством. Наличие запасов позволяет снизить требования к степени согласованности производ-

ственных процессов на различных участках, а следовательно, и соответствующие издержки на организацию управления этими процессами.

Перечисленные причины свидетельствуют о том, что на животноводческом предприятии вынуждены создавать запасы, так как в противном случае увеличиваются издержки обращения, т. е. уменьшается прибыль. В то же время запас не должен превышать некоторой оптимальной величины.

Нормой запаса называется расчетное количество продукции (кормов), которое должно находиться на животноводческой ферме для обеспечения бесперебойного технологического процесса (снабжения животных кормами). При определении норм запаса используют три группы методов: эвристические и методы технико-экономических расчетов.

Эвристические методы предполагают использование опыта специалистов, которые изучают отчетность за предыдущий период и принимают решения о минимально необходимых запасах, основанные в значительной степени на субъективном понимании тенденций развития спроса.

Метод технико-экономических расчетов. Сущность метода заключается в разделении совокупного запаса в зависимости от целевого назначения на отдельные группы, например, корнеклубнеплоды, комбикорма и т. д. Далее для выделенных групп отдельно рассчитывается текущий, страховой и сезонный запасы:

– текущие запасы обеспечивают непрерывность производственного процесса между очередными поставками;

– страховые запасы предназначены для непрерывного обеспечения материалами производственного процесса в случае различных непредвиденных обстоятельств, например, непредвиденного возрастания спроса;

– сезонные запасы образуются при сезонном характере производства и потребления. Примером сезонного характера производства может служить производство сельскохозяйственной продукции.

Метод технико-экономических расчетов позволяет достаточно точно определять необходимый размер запасов, однако трудоемкость его велика.

Для создания запасов кормов на животноводческом предприятии создаются склады.

Склады – это здания, сооружения и разнообразные устройства, предназначенные для приемки, размещения и хранения поступивших

на них кормов и отпуска их потребителю. Склады могут иметь разные конструкции – размещаться в отдельных помещениях (*закрытые*), иметь только крышу или крышу и одну, две или три стены (*полузакрытые*). Некоторые корма хранятся вообще вне помещений на специально оборудованных площадках, в так называемых открытых складах.

В складе может создаваться и поддерживаться специальный режим, например температура, влажность.

Любой склад обрабатывает, по меньшей мере, три вида материальных потоков: входной, выходной и внутренний.

Наличие *входного* потока означает необходимость разгрузки транспорта, проверки количества и качества прибывшего груза.

Выходной поток обусловливает необходимость погрузки транспорта.

Внутренний поток обусловливает необходимость перемещения груза внутри склада.

Технология выполнения погрузочно-разгрузочных работ на складе зависит от характера груза и вида используемых средств механизации.

В качестве критерия оптимальности количества складов для кормов выбирают минимум совокупных расходов по доставке и хранению.

1. Зависимость величины затрат на транспортировку от количества складов в системе распределения. При увеличении количества складов в системе распределения стоимость доставки товаров на склады возрастает вследствие увеличения совокупной величины пробега транспорта.

Так как при увеличении количества складов они располагаются ближе к потребителю, то стоимость доставки товаров со складов потребителям снижается. Это происходит в результате резкого сокращения пробега транспорта.

Суммарные транспортные расходы при увеличении количества складов в системе распределения, как правило, убывают.

2. Зависимость затрат на содержание запасов от количества складов в системе распределения. Увеличивая число складов, сокращается зона обслуживания каждого из них. Сокращение зоны обслуживания влечет за собой и сокращение запасов на складе.

Однако увеличение складской сети влечет за собой тиражирование страхового запаса, т. е. создавая сеть складов, необходимо в каждом из них создать страховой запас. В результате суммарный запас во всех складах возрастет (по сравнению с запасом с одним центральным складом).

3. Зависимость затрат, связанных с эксплуатацией складского хозяйства от количества складов. При увеличении количества складов затраты, связанные с эксплуатацией одного склада, снижаются. Однако совокупные затраты на содержание всего складского хозяйства возрастают. Происходит это в связи с так называемым эффектом масштаба: при уменьшении площади склада эксплуатационные затраты, приходящиеся на один квадратный метр, увеличиваются.

4. Зависимость затрат, связанных с управлением, от количества входящих в нее складов. При увеличении количества складов расходы на системы управления возрастают.

Общая вместимость хранилища для хранения годовых запасов корма определяется по формуле

$$V_к = P_г / \rho_к, \quad (2.3)$$

где $P_г$ – годовая потребность в кормах, кг;

$\rho_к$ – насыпная плотность корма, кг/м^3.

Потребное число хранилищ

$$N_к = V_к / (V_х \varepsilon), \quad (2.4)$$

где $V_х$ – вместимость хранилища, м^3;

ε – коэффициент использования вместимости хранилища (табл. 2.2).

Таблица 2.2. **Примерная вместимость и коэффициент использования вместимости хранилищ**

Вид хранилища	Объем хранилища, м^3	Коэффициент ε
Траншея для хранения силоса и сенажа	500; 750; 1 000; 1 500; 2 000; 3 000; 4 000; 5 000; 6 000	0,95…0,98
Хранилище (скирда)	1 000; 1 500; 2 000; 2 500; 3 000; 4 000	1,0
Траншея или бурт для корнеплодов	150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500	0,85…0,90
Склад концентрированных кормов	500; 1 000; 1 500; 2 000; 2 500; 3 000; 3 500; 4 000; 5 000; 6 000	0,65…0,75

Выбрав ширину и высоту хранилища, определяют его длину:

$$L = V_х / (B_х h_х), \quad (2.5)$$

где $B_х$ – ширина хранилища, м;

$h_х$ – высота хранилища, м (табл. 2.3).

Таблица 2.3. **Рекомендуемые размеры хранилищ**

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

Концентрированные корма хранят в закрытых складах, которые целесообразно размещать рядом с кормоцехом. Запас концентрированных кормов на комплексе (ферме) должен составлять 16 % потребного количества.

Корнеплоды сохраняют в буртах. Силос и сенаж закладывают в углубленные траншеи. Грубые корма в россыпном или прессованном состоянии сохраняют в скирдах или сенохранилищах.

Для того чтобы выбрать оптимальный вариант склада, необходимо определить величину затрат. Этот показатель определяют по формуле

$$З_п = С_э + С_т + К / T, \quad (2.6)$$

где $З_п$ – приведенные затраты по варианту, руб.;

$С_э$ – годовые эксплуатационные расходы, руб.;

$С_т$ – годовые транспортные расходы, руб.;

К – капитальные вложения в строительство распределительных центров, руб.;

T – срок окупаемости варианта, дн.

Для реализации принимается тот вариант, который обеспечивает минимальное значение приведенных (годовых) затрат.

2.4. Организация процесса подготовки кормов к скармливанию

Технологический процесс подготовки кормов к скармливанию является сложным многостадийным механизмом. Он включает в себя выполнение следующих операций: выемку, погрузку, транспортировку и подготовку к скармливанию.

Для выполнения перечисленных операций привлекают машины и оборудование, которые в зависимости от группы образуют производственные подразделения, целью которых является решение единой задачи – обеспечение оговоренного зоотехническими требованиями режима кормления животных при минимальных затратах. Это условие может быть выполнено только при наличии достаточного числа со-

временных машин и оборудования, взаимосвязанных между собой в единые технологические линии по производительности.

В зависимости от размеров комплексов (ферм), видов обрабатываемых кормов используют кормоприготовительные предприятия (кормоцехи, кормовые дворы и отдельные кормоприготовительные линии). Они предназначены для приема, накопления, подготовки и обработки кормового сырья (соломы, сена, корнеклубнеплодов и др.), приема и накопления отдельных компонентов в готовом виде (комбикорм, меласса и т. д.), приготовления смесей и выдачи их в мобильные или стационарные кормораздатчики. В их состав входят линии: грубых кормов, силоса, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов, приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой кормосмеси.

Кормоцехи могут обеспечивать кормосмесями одну или несколько ферм и подразделяются в зависимости от типа кормления и суточного объема производства кормосмеси.

Работа технологических линий кормоцехов *первой группы* не согласовывается с распорядком дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси, приготовленные в таких кормоцехах, должны иметь все ингредиенты, предусмотренные рецептом. Отклонения от принятой технологии не допускаются. Этот тип кормоцехов отличается более сложным схемно-конструктивным исполнением.

Работа технологических линий кормоцехов *второй группы* согласовывается с распорядком дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси в своем составе могут иметь разное количество ингредиентов в соответствии с зоотехническими нормами кормления животных, поэтому отказ одной из технологических линий не всегда приводит к прекращению выпуска готовой продукции.

2.5. Определение оптимального состава машин технологической линии подготовки кормов к скармливанию

Так как в состав рациона животных включены различные по массе виды кормов, то важным показателем при выборе соответствующих машин является определение требуемой производительности. Этот параметр рассчитывается для каждой технологической линии и позволяет обеспечить устойчивый ритм работы как комплекта машин, так и других производственных подразделений.

Исходными данными для расчета производительности технологических линий являются число животных и норма скармливаемых кор-

мов. Эти данные позволяют определить требуемый показатель для каждой технологической линии:

$$Q_i = \sum_{i=1}^{n_ж} q_i m_{жi}, \qquad (2.7)$$

где $n_ж$ – число групп животных;

q_i – количество корма i-го вида, расходуемого по максимальному суточному рациону на одно животное, кг;

$m_{жi}$ – число животных i-й группы.

Данные по суточной потребности кормов позволяют определить производительность технологической линии:

$$Q_л = \frac{Q_i}{T_{кормл} К_{кормл}}, \qquad (2.8)$$

где $T_{кормл}$ – время, затрачиваемое на подготовку корма, ч;

$К_{кормл}$ – кратность кормления животных.

Время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию, определяется по формуле

$$T_{кормл} = T_{раб} + \sum_{i=1}^{n} t_{пр}, \qquad (2.9)$$

где $T_{раб}$ – рабочее время линии, ч;

$\sum_{i=1}^{n} t_{пр}$ – простои машин по различным причинам (техническим, организационным и технологическим), ч.

Время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию $T_{кормл}$, не должно превышать установленное зоотехническими требованиями, т. е. $T_{кормл} \le T_з$.

Подставив в формулу (2.8) значение баланса времени (2.9), можно определить производительность любого элемента подготовки кормов к скармливанию:

$$Q = \frac{Q_i}{\left(T_{раб} + \sum_{i=1}^{n_ж} t_{пр}\right) К_{кормл}}, \qquad (2.10)$$

В технологическом процессе приготовления кормовой смеси основной операцией является смешивание кормов. Объем работы для данной линии определяется по формуле

$$Q_{\text{см}} = \sum_{i=1}^{\text{к}_\text{л}} Q_i, \qquad (2.11)$$

где $\text{к}_\text{л}$ – число технологических линий, шт.

Возможные простои машин по различным причинам отражают готовность системы к выполнению технологического процесса в течение рабочего времени. Основным элементом, влияющим на выполнение данного условия, является надежность системы. Этот показатель системы отражает безотказность работы машин на протяжении выполнения технологического процесса и позволяет экономичнее подобрать оборудование поточных линий системы, поэтому при определении производительности технологических линий системы можно использовать коэффициент готовности.

На основании рассчитанной производительности подбирают конкретные машины. Некоторые из них значительно отличаются по производственным показателям и в поточных линиях не согласуются. Если малопроизводительная машина установлена в конце поточной линии, то она является лимитирующим элементом системы. По этой причине производительность снижается до 30 %. В результате повышается металлоемкость системы и затраты энергии на выработку единицы продукции.

Чтобы технико-экономические показатели системы не ухудшались и соблюдалось условие поточности в технологических линиях, производительность каждой последующей машины должна быть больше или равна производительности предыдущей машины.

2.6. Определение вместимости оперативной емкости

Оборудование в условиях эксплуатации часто делает непредвиденные остановки, вызванные забиванием рабочих органов, поломкой отдельных деталей, отсутствием какого-либо компонента и т. д. Поэтому с целью обеспечения непрерывного потока в ряде случаев необходимо устанавливать накопительно-регулирующие емкости, сглаживающие разницу в работе последовательных элементов линии.

В этом случае возможны несколько вариантов работы линии или участков:

а) производительность линии (участка), загружающей емкость, выше расхода выгрузки (рис. 2.1, *а*).

б) производительность линии загрузки равна расходу $Q_{заг} = Q_{выг}$;

в) производительность линии загрузки меньше расхода $Q_{заг} < Q_{выг}$ (рис. 2.1, *б*).

Для случая $Q_{заг} > Q_{выг}$ минимальную вместимость емкости определяют из уравнения:

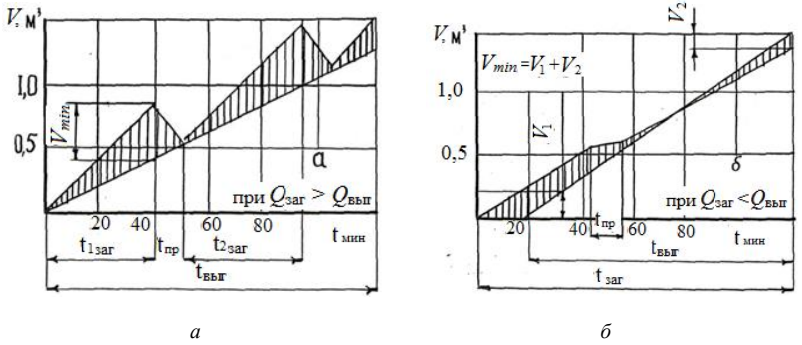
$$V_{min} = Q_{выг}\,(t_{выг} - t_{заг}), \qquad (2.12)$$

где $t_{выг}$ – время выдачи компонента, ч;

$t_{заг}$ – время загрузки компонента, ч.

Для случая $Q_{заг} < Q_{выг}$:

$$V_{min} = Q_{заг}\,(t_{выг} - t_{заг}). \qquad (2.13)$$



а *б*

Рис. 2.1. Графики определения оптимальной вместимости бункера-дозатора:
а – для случая, когда производительность линии загрузки выше выгрузки, $Q_{заг} > Q_{выг}$;
б – для случая, когда производительность линии загрузки меньше выгрузки, $Q_{заг} < Q_{выг}$

Очень важным фактором, также влияющим на вместимость оперативной емкости, является допустимая продолжительность периода хранения того или иного компонента. Этот показатель определяется стабильностью сохранения его свойств.

Поскольку надежность машин всегда меньше единицы, вместимость оперативной емкости целесообразно рассчитывать через среднее время простоев находящейся впереди (загружаемой) линии (участка).

Так, если на таком участке линии суммарное время простоев составляет $\Sigma t_{1пр}$ с соответственным числом простоев $к_{1пр}$, то среднее время загрузки

$$t_{1ср} = \frac{\Sigma t_{1пр}}{к_{1пр}}. \quad (2.14)$$

Если остановился первый участок линии, то запас в бункере должен обеспечить работу второго участка в течение времени $t_{2ср}$. Для этого случая в бункере должен быть корм в количестве $G = Q_{выг} t_{2ср}$. Тогда вместимость емкости с учетом среднего времени простоев определяется по формуле

$$V_g = \frac{Q_{выг}\left[t_{пр} + (t_{выг} - t_{заг})\right]}{\rho_к k_з}, \quad (2.15)$$

где $\rho_к$ – плотность кормовой смеси, кг/м^3;

$k_з$ – коэффициент загрузки бункера емкости.

При $Q_{заг} < Q_{выг}$ вместимость емкости с учетом среднего времени простоев

$$V_g = \frac{Q_{выг}(t_{заг} - t_{выг}) + t_{пр}}{\rho_к k_з}. \quad (2.16)$$

Формулы (2.15) и (2.16) позволяют определить более рациональные значения вместимости бункеров, так как они учитывают и средние простои соответствующих линий. Последний показатель является существенным фактором в обеспечении непрерывности технологического процесса при возможной остановке одной из линий комплекса машин. В этом случае вместимость бункера покрывает простой линии за счет увеличения доли одного из кормовых компонентов в смеси до момента устранения неисправности. Учитывать данный важный фактор необходимо с условием продолжительности хранения кормов. Этот показатель зависит от способности кормов сохранять свои свойства. Измельченные корнеплоды нельзя хранить более 2 ч, а силос и сенаж – в пределах 2…4 ч. Зерновые корма можно накапливать с учетом 3…5-суточного запаса.

2.7. Практическая работа 2. Определение потребности в машинах для технологических процессов подготовки кормов к скармливанию на животноводческой ферме

Цель работы. Определение потребности в машинах для механизации технологических процессов подготовки кормов к скармливанию в условиях животноводческой фермы.

Содержание работы. На основании суточной потребности в кормах рассчитать необходимую производительность машин и для оборудования соответствующих технологических линий.

Последовательность выполнения.

Исходные данные для расчетов принимаются из прил. 1.

Определим параметры технологических линий подготовки кормов к скармливанию и приготовления кормовой смеси.

Технологическая линия грубых кормов служит для выполнения операций механической, термической или биологической обработки.

Основа машинной линии механической обработки кормов – измельчители. Линии также включают в себя питатели-дозаторы и другое вспомогательное оборудование.

Если грубый корм выдается животным в сухом виде, то производительность линии измельчителя грубых кормов

$$Q_{\text{с}} = \frac{m_{\text{ж}} q_{\text{с}}}{T_{\text{л}} \text{к}_{\text{с}} k_{\text{р.б}}}, \qquad (2.17)$$

где $m_{\text{ж}}$ – поголовье животных на ферме, гол.;

$q_{\text{с}}$ – суточная норма соломы (сена), выдаваемой животным в сухом виде, кг;

$T_{\text{л}}$ – время работы линии, $T_{\text{л}} = 2$ ч;

$\text{к}_{\text{с}}$ – число выдач за сутки, $\text{к}_{\text{с}} = 2$;

$k_{\text{р. б}}$ – коэффициент использования рабочего времени, $k_{\text{р. б}} = 075…0{,}85$.

Необходимое число измельчителей:

$$n_{\text{измельч}} = \frac{Q_{\text{с}}}{Q}, \qquad (2.18)$$

где Q – производитель измельчителя, т/ч.

Линия корнеклубнеплодов включает в себя машины и оборудование для выполнения операций погрузки, доставки, выгрузки, накопления,

подачи, очистки, измельчения, дозирования и подачи на линию смешивания.

Основная машина линии – мойка-измельчитель либо измельчитель. Другие операции выполняются с помощью транспортеров-загрузчиков, бункеров-накопителей, запарников, дозаторов. По зоотехническим требованиям измельченные корнеклубнеплоды не должны храниться более 1,5...2 ч.

Производительность линии обработки корнеклубнеплодов (кг/ч):

$$Q_{\text{к. к}} = \frac{m_{\text{ж}} q_{\text{к. к}}}{T_{\text{л}} \text{к}_{\text{с}} k_{\text{р. б}}}, \tag{2.19}$$

где $q_{\text{к. к}}$ – суточная норма корнеклубнеплодов, выдаваемая животным, кг.

Необходимое число моек-измельчителей

$$n_{\text{м. измельч}} = \frac{Q_{\text{к. к}}}{Q_{\text{м. изм}}}, \tag{2.20}$$

где $Q_{\text{м. изм}}$ – производительность шнековой мойки-измельчителя, кг/ч.

Линия концентрированных кормов обеспечивает выполнение операции приема, накопления и дозированной выдачи на смешивание готовых комбикормов в рассыпном или гранулированном виде; приготовление комбикорма из местных кормовых ресурсов (зерна, минеральных добавок и привозных премиксов); приготовление хлопьев пропариванием и плющением фуражного зерна; дрожжевание малоценных кормов.

В хозяйствах применяют целый ряд вариантов ПТЛ концкормов, основными машинами и оборудованием которых служат: загрузчики сухих кормов; бункеры сухих кормов, дозаторы кормов, молотковые дробилки; транспортеры и нории. В состав линий могут входить малогабаритные комбикормовые установки для приготовления сухих комбикормов на фермах из местных кормовых ресурсов, а также установки для влаготепловой обработки зерна, оборудование для дрожжевания зерновых кормов и оборудование для обеззараживания компонентов комбикорма.

Производительность технологической линии подготовки концентрированных кормов (кг/ч):

$$Q_{\text{к.к}} = \frac{q_{\text{сут. к}}}{T}, \tag{2.21}$$

где $q_{\text{сут. к}}$ – суточный расход концентрированных кормов, кг;

T – продолжительность рабочей смены, ч (T = 7 ч).

Технологический расчет линии кормоцеха для производства комбикормов из местных ресурсов заключается в определении производительности дозатора для каждого компонента, величины открытия заслонок дозаторов, объема бункеров для хранения каждого компонента, а также основных размеров и параметров шнека-смесителя.

Расчет секундной производительности (кг/с) дозаторов для каждого компонента комбикорма начинают с определения количества комбикорма для разового кормления скота:

$$q_{\text{к. раз}} = \frac{q_{\text{сут. к}} k}{100}, \tag{2.22}$$

где k – процент распределения комбикорма по выдачам.

Вместимость бункера для хранения каждого компонента комбикорма

$$V_{\text{ком. }i} = \frac{q_{\text{ком. сут. }i} n_{\text{дн}}}{\rho_{\text{к}} k_{\text{з. б}}}, \tag{2.23}$$

где $q_{\text{ком. }i}$ – суточная потребность в i-м компоненте комбикорма, т;

$n_{\text{дн}}$ – число дней хранения ($n_{\text{дн}}$ = 3...4 дня);

$\rho_{\text{к}}$ – плотность корма, т/м^3;

$k_{\text{з. б}}$ – коэффициент заполнения бункера ($k_{\text{з. б}}$ = 0,8...0,85).

Линия смешивания кормов обеспечивает выполнение завершающих операций технологического процесса приготовления кормовых смесей к скармливанию. Смешивают корм с помощью установок непрерывного или периодического действия: запарников-смесителей, измельчителей-смесителей, барабанных смесителей, лопастных смесителей, мобильных раздатчиков-смесителей, раздатчиков-смесителей ограниченной мобильности и др. Вспомогательное оборудование линий: ленточные, шнековые и скребковые транспортеры для загрузки, сбора компонентов и выгрузки смеси; бункер-дозатор, бункер для операционных запасов кормовой смеси и др.

Производительность технологической линии смешивания кормов

$$Q_{\text{т. л. с}} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + ... + q_n}{T_{\text{ц. с}} \text{к}_{\text{см}}}, \tag{2.24}$$

где q_1, q_2, q_3, …, q_n – масса компонентов, входящих в смесь из n видов кормов в суточном рационе животных, кг;

$T_{\text{ц. с}}$ – время цикла смешивания, ч;

$к_{см}$ – число циклов смешивания за время работы кормоцеха.

Число смесителей непрерывного действия:

$$n_{см} = \frac{Q_{\text{т. л. с}}}{Q_{см}}, \tag{2.25}$$

где $Q_{см}$ – производительность выбранного смесителя непрерывного действия, кг/ч.

Число смесителей периодического действия

$$n'_{см} = \frac{q_{раз}}{V_{см}\rho_с к_{см}\varphi_з}, \tag{2.26}$$

где $q_{раз}$ – масса кормосмеси для разовой дачи, кг;

$V_{см}$ – объем смесителя, м^3;

$\rho_с$ – плотность смеси, кг/м^3;

$к_{см}$ – число циклов смешивания за 1 ч;

$\varphi_з$ – коэффициент заполнения, $\varphi_з$ = 0,8...0,9.

Поточные технологические линии кормоцеха оборудуют бункерами-питателями, в которые выгружается корм, подвезенный из хранилищ.

Объем бункера-питателя

$$V_п = \frac{q_{сут} n_х}{\rho_к \varphi_з}, \tag{2.27}$$

где $q_{сут}$ – суточный расход корма, кг;

$n_х$ – число суток, в течение которых хранится и расходуется корм (для молока $n_х$ = 1, корнеклубнеплодов $n_х$ = 1,3, для сена и травяной муки $n_х$ = 2...4, для комбикорма $n_х$ = 3...6);

$\rho_к$ – плотность корма, кг/м^3;

$\varphi_з$ – коэффициент заполнения объема бункера-питателя, $\varphi_з$ = 0,7...0,8.

Для обеспечения надежной работы технологических линий и выполнения условий поточности производства в кормоцехе создаются оперативные запасы компонентов кормов и смесей.

Для проверки соответствия вместимости бункера и транспортного средства используют зависимость:

$$V_т \geq \frac{q_т}{\rho_к \varphi_з} \ , \qquad (2.28)$$

где $q_т$ – грузоподъемность транспортного средства, кг.

Оборудование кормоцеха подбирают так, чтобы производительность машины, занятой на последующей операции, была больше, чем на предыдущей, примерно на 5...8 %.

Производительность машины в основном должна соответствовать расчетной производительности ПТЛ. Оборудование подбирают по каталогам, проспектам, методическим разработкам.

Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ ЖИВОТНЫМ

3.1. Способы скармливания кормов животным

Известны следующие способы скармливания кормов животным.

Один из них заключается в раздельной, последовательной выдаче животным кормов. Данный производственный процесс весьма энерго- и металлоемок, так как для выдачи кормов необходимо различное оборудование – от механизированных транспортных средств до ручных тележек.

Существенным недостаткам данного способа является и увеличение периода процесса кормления, что ухудшает аппетит животных.

Другой способ кормления заключается в одновременной раздаче всех видов кормов в виде кормосмеси. Он позволяет повысить продуктивность животных за счет взаимодополняющего действия компонентов смеси и увеличения поедаемости кормов на 5...9 % у молочных коров и на 10...15 % у молодняка на откорме, а также на 10...15 % снизить потери кормов.

Скармливание кормов в виде кормосмеси значительно упрощает организацию процесса кормления. В этом случае разные по физико-механическим свойствам корма превращают в однородную смесь, что позволяет механизировать ее раздачу одним типом кормораздатчиков.

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

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

Готовят кормосмесь двумя способами.

Один из них предусматривает загрузку скармливаемых кормовых компонентов в машину, измельчение и смешивание их механическими рабочими органами и последующую раздачу кормосмеси животным.

Однако, приготавливая такие кормосмеси, не обеспечивается индивидуальное скармливание отдельных видов кормов в процессе раздачи их животным. В этом случае установленная одному животному энергетическая норма скармливания кормов не учитывает продуктивность животных, расположенных в одном кормовом ряду. Особенно это ощутимо при скармливании дорогих высокоэнергетических кормов – комбикорма, зернофуража, микродобавок. Такая неравномерность раздачи кормов снижает их энергетическую отдачу, а следовательно, и рентабельность отрасли.

При данном способе приготовления кормосмеси повторному измельчению подвергаются готовые к скармливанию сенаж и силос, составляющие в рационе около 60...70 % по массе рационе. Следствием этого является возрастание энергозатрат и металлоемкости машин и оборудования на приготовление кормосмеси.

Известен *малозатратный* способ кормления животных, при котором организована одновременная выдача животным двух групп кормов:

– объемных компонентов. Это грубые и силосованные корма.

– многокомпонентной высокоэнергетической добавки. Предварительно подготовленные и измельченные корнеклубнеплоды, высокоэнергетические сыпучие корма (комбикорм) и различные кормовые добавки скармливаются в виде отдельно приготовленной смеси.

Малозатратный способ позволяет дозировать каждую группу кормов в процессе раздачи их животным с учетом их продуктивности. В этом случае обеспечивается индивидуальное кормление животных, особенно высокоэнергетическими кормами, исключается повторная подготовка силосованных стебельчатых кормов.

Рассмотренный способ позволяет сократить энергетические, материальные, трудовые и финансовые затраты на подготовку кормов к скармливанию и приготовление кормосмеси, повысить энергетическую отдачу кормов.

Потребность в механизированной малозатратной технологии приготовления и раздачи кормов неизмеримо возрастает при переводе стада на круглосуточное однотипное кормление заготовленными впрок кормами и комплектовании стада в однородные группы животных со сходными потребностями в питательных веществах.

В соответствии со схемой подготовки кормов и способом их скармливания выбирают технологическое оборудование. При выборе оборудования желательно выбирать энерго- и ресурсосберегающие технические средства.

3.2. Требования к процессу раздачи кормов и системы автоматического кормления животных

Правильная организация раздачи кормов животным имеет важное значение. По трудоемкости она составляет 30...40 % от общих трудовых затрат по уходу за животными.

К кормораздающим устройствам предъявляются следующие *зоотехнические требования*:

– отклонение дозы по массе на 1 гол. для крупного рогатого скота составляет: стебельчатых кормов – 10 %; корнеклубнеплодов – 15 %; комбикорма и концентрированных кормов – 5 %; минеральных добавок – 5 %;

– продолжительность операции раздачи кормов в одном помещении не должна превышать 30 мин при использовании мобильных средств и 20 мин – при раздаче стационарными средствами;

– кормораздатчики должны быть универсальными в отношении возможности выдачи всех видов кормов;

– иметь высокую производительность и возможность регулирования нормы выдачи на 1 гол. от минимальной до максимальной в зависимости от принятого рациона;

– не создавать излишнего шума в помещении;

– механически очищаться от остатков корма;

– быть надежными в работе.

В процессе автоматизации процесса кормления животных кормораздатчики занимают особое место. Кормораздатчики могут быть оснащены различными системами управления, что позволяет оптимизировать процесс кормления, в том числе с учетом потребностей животных в разные сезоны, а также диетических требований. Эти системы могут быть мобильными, стационарными или полностью автоматизированными.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации кормораздатчики делятся на несколько типов. Каждый из них имеет свои особенности и преимущества.

Стационарные кормораздатчики предназначены для использования на постоянных кормовых пунктах. Они обеспечивают постоянное и эффективное кормление скота, поскольку их работа не зависит от необходимости перемещения. Стационарные кормораздатчики часто оснащены различными дозаторами и системами управления, которые обеспечивают точную дозировку корма в соответствии с потребностями животных.

Стационарные кормораздатчики подают корм по трубопроводам или ленточным транспортерам в кормушки и имеют конструктивные особенности.

Ленточные кормораздатчики кормов (рис. 3.1) обеспечивают раздачу всех видов кормов (кроме жидких) при обслуживании крупного рогатого скота и овец.



Рис. 3.1. Технологическая схема ленточного кормораздатчика

Для группового кормления животных можно использовать и стационарные автоматизированные технические средства для раздачи кормов. Так, фирма Pellon Group OY предлагает потребителям ленточный конвейер Pellon Belt Feeder (рис. 3.2), который устанавливается в животноводческом помещении над кормовым проходом.

Предварительно приготовленная кормосмесь подается в приемную часть ленточного конвейера и далее ленточным транспортером перемещается над кормовым проходом. Над ленточным транспортером установлено сбрасывающее поворотное устройство в виде клина, которое имеет возможность автономного перемещения вдоль транспортера. За счет управления перемещением сбрасывающего устройства (вручную или с помощью компьютера) обеспечивается выдача необходимого количества корма в кормушку или на кормовой стол.



Рис. 3.2. Ленточный конвейер Pellon Belt Feeder

Раздача кормов может производиться на левую или правую сторону от ленты транспортера за счет поворота клиновидного сбрасывающего устройства, выполняемого автоматически сервомотором, установленным в конце конвейера. Ширина ленты конвейера – 450 мм, длина – до 80 м, установленная мощность привода – 3 кВт.

Цепочно-скребковые кормораздатчики (рис. 3.3) распространены на фермах для раздачи сухих концентрированных, грубых и сочных кормов, влажных мешанок.

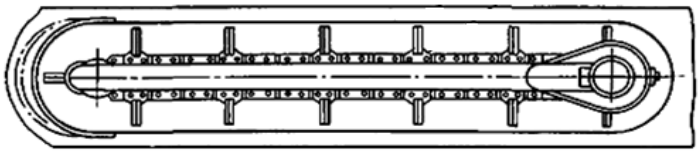


Рис. 3.3. Стационарный скребковый раздатчик кормов

Установка для транспортировки и раздачи полужидких кормов по трубам сжатым воздухом содержит компрессор, ресивер, продувочный котел, магистральный кормопровод с отводами и устройством для

автоматического изменения направления подачи кормов, кормоприемные бункера, кормопроводы-дозаторы с комплектом двусторонних кормушек (рис. 3.4).

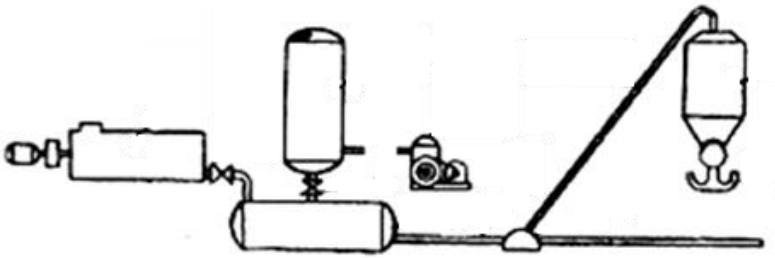


Рис. 3.4. Технологическая схема транспортирования и раздачи жидких кормов по кормопроводу сжатым воздухом

Корма могут транспортироваться на расстояния до 500…600 м при давлении сжатого воздуха 0,6…0,8 МПа и производительности 10…15 т/ч.

Недостатки стационарных кормораздатчиков:

– необходима регулярная чистка и профилактика механизма ленты;

– чувствительны к повышенной влажности и налипанию влажного корма;

– ограниченная гибкость при изменении схем размещения животных и птицы.

– требуют точного расчета под вид корма и нагрузки.

Мобильные кормораздатчики – автономные машины, которые перемещаются по ферме и раздают корм согласно заданной программе, могут быть прицепными или самостоятельно передвигающимися, что позволяет им работать в разных местах.

На фермах крупного рогатого скота эксплуатируются мобильные бункерные кормораздатчики с приводом рабочих органов от вала отбора мощности (ВОМ) трактора.

Кормораздатчик КР-Ф-10 предназначен для перевозки и раздачи на ходу в кормушки, на одну сторону, измельченных листостебельных масс или смеси их с другими сыпучими кормами (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Общий вид раздатчика кормов КР-Ф-10

Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов ИСРК-12 «Хозяин» (рис. 3.6) является универсальным транспортно-технологическим средством для приготовления (доизмельчения и смешивания) кормовых компонентов. Используется на молочно-товарных фермах и имеет возможность раздачи кормосмесей как на одну, так и на обе стороны одновременно.



Рис. 3.6. Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов ИСРК-12 «Хозяин»

В модельном ряде представлены различные варианты данной машины.

Смеситель-раздатчик кормов СРК-11В (рис. 3.7) предназначен для приготовления (доизмельчения и смешивания) кормов, транспортирования и раздачи по заданной программе кормовых смесей. Машина агрегатируется с колесными тракторами тягового класса 1,4.



Рис. 3.7. Смеситель-раздатчик кормов СРК-11 В

Самоходные смесители-кормораздатчики Siloking (рис. 3.8) имеют бункер вместимостью 10...30 м³ на 60...300 коров, один или два шнека. Высокая маневренность и производительность обеспечивают применение самоходных смесителей-кормораздатчиков как на современных животноводческих комплексах, так и в узких и низких зданиях.



Рис. 3.8. Самоходный смеситель-кормораздатчик Siloking

Недостатки мобильных раздатчиков кормов:

– производительность ниже, чем у стационарных систем;

– зависимость от оператора.

Роботизированные системы оснащены сенсорами и программным управлением, анализируют потребление корма, регулируют дозировку и отслеживают изменения в аппетите животных.

Для кормления животных при привязном содержании животных фирмой Pellon Group OY разработан робот-кормораздатчик Pellon Combi (рис. 3.9), конструктивное исполнение которого и возможности системы управления позволяют осуществлять индивидуальное кормление животных в соответствии с запрограммированным рецептом.

Отличительная особенность робота – реализованный в его конструкции способ приготовления кормосмеси: она готовится с помощью поперечного раздаточного ленточного транспортера, оснащенного системой электронного взвешивания. На транспортер дозаторами (работают в согласованном с системой взвешивания режиме) из соответствующих бункеров подается необходимая порция объемистых (силос, сенаж, сено) и концентрированных кормов.



Рис. 3.9. Робот-кормораздатчик Pellon Combi

Исходные компоненты кормосмеси смешиваются в процессе их подачи на поверхность транспортера. Готовая порция кормосмеси транспортером выгружается конкретному животному в кормушку или на кормовой стол (раздача может осуществляться на обе стороны).

Автоматизированные системы для приготовления и раздачи полнорационных кормовых смесей. Одним из ключевых факторов продуктивности является сбалансированное питание. Современные автоматизированные системы кормления позволяют точно дозировать корм в соответствии с физиологическими потребностями животных, исключая перекорм или дефицит питательных веществ. Система может регулировать количество и состав кормов для каждой группы животных или даже для отдельных особей, что особенно актуально в молочном скотоводстве и свиноводстве.

Автоматические системы кормления позволяют оптимизировать процессы раздачи кормов, повысить продуктивность животных и снизить затраты на ручной труд. Эти технологии обеспечивают:

– точность дозирования – системы обеспечивают равномерное распределение кормов, что снижает отклонения в питании и предотвращает потери;

– снижение затрат на рабочую силу – автоматизация процессов кормления минимизирует потребность в ручном труде, что особенно важно на крупных фермах;

– повышение продуктивности животных – стабильный и сбалансированный рацион способствует увеличению привесов и молочной продуктивности, снижая риски заболеваний;

– экономия кормов – точное распределение кормовой смеси позволяет избежать перерасхода и потерь, что положительно сказывается на себестоимости продукции;

– гибкость и адаптация – системы могут настраиваться под различные рационы и группы животных, учитывая их потребности в питательных веществах.

При автоматической раздаче кормов молочная продуктивность коров увеличивается на 10…15 % за счет более равномерного и своевременного поступления питательных веществ, что снижает стрессы и повышает усвоение рациона. В мясном животноводстве точное кормление способствует ускоренному набору массы и сокращению периода откорма, снижая расход кормов на единицу продукции.

Фирма Pellon Group OY (Финляндия) при беспривязном содержании животных предлагает использовать варианты исполнения автома-

тизированной системы кормления животных, основными элементами которых являются робот-кормораздатчик Pellon TMR (рис. 3.10).

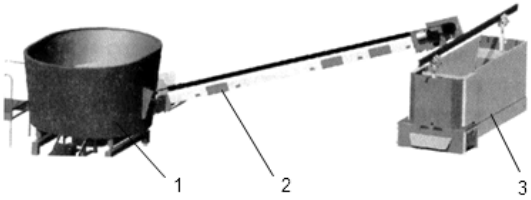


Рис. 3.10. Автоматизированная система кормления животных фирмы Pellon Group OY при беспривязном содержании животных:
1 – смеситель CutMix; *2* – ленточный конвейер; *3* – робот-кормораздатчик Pellon Silage

Для кормления животных при привязном способе содержания предлагается линия в составе загрузчика и робота-кормораздатчика Pellon Combi (рис. 3.11).

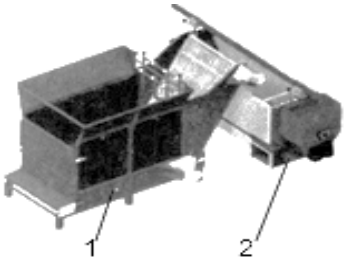


Рис. 3.11. Автоматизированная система кормления животных фирмы Pellon Group OY при привязном содержании животных:
1 – загрузчик; *2* – робот-кормораздатчик Pellon Combi

Для реализации предложенных вариантов построения автоматизированных систем кормления животных фирмой разработаны подвесные роботы-кормораздатчики с различными функциональными возможностями, позволяющие приготавливать полностью сбалансированные по питательным веществам кормосмеси.

Фирма Mullerup A/S (Дания) предлагает потребителям варианты автоматизированных систем кормления животных. Конструкция роботов-кормораздатчиков Mix Feeder фирмы позволяет выполнять приготовление кормосмеси и ее раздачу в животноводческих помещениях с

различными системами содержания животных в автоматическом режиме под управлением компьютера МІТ или вручную (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Элементы автоматизированной системы кормления Mix Feeder

Для кормления молочного стада с большим поголовьем (до 1 000 коров) при беспривязном содержании *фирма GEA Farm Technologies* разработала систему MIX & CARRY, состоящую из подвесного робота-кормораздатчика и стационарного смесителя MVM для приготовления кормосмесей (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Элементы автоматизированной системы кормления MIX & CARRY при беспривязном содержании молочного стада

Подвесные роботы-кормораздатчики MIX & CARRY с бункером вместимостью 2 или 3 м^3 могут обслуживать до 20 групп животных, выдавая им до 30 рационов кормосмесей, перемещаясь при этом со скоростью 8…16 м/мин.

Система DeLaval Optimat II Master (рис. 3.14) может использоваться для кормления различных групп коров с определенным рационом

для каждой из них. Компоненты автоматически дозируются, смешиваются, после чего кормовая смесь раздается животным в течение суток.

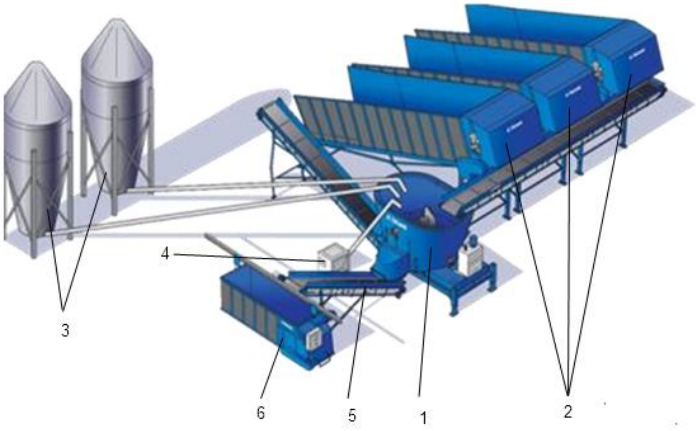


Рис. 3.14. Автоматизированная система приготовления
и раздачи кормов DeLaval Optimat II Master:
1 – стационарный смеситель; *2* – бункер стебельчатых кормов; *3* – бункер концентратов;
4 – бункер минеральных добавок; *5* – транспортер; *6* – кормораздатчик

В установленное время стационарный смеситель *1* загружается компонентами корма потоком из бункеров стебельчатых кормов *2*, концентратов *3* и минеральных добавок *4*. После приготовления корма в смесителе *1* готовая кормовая смесь загружается наклонным транспортером *5* в кормораздатчик *6*, который распределяет смесь по кормовому столу.

Optimat master может использоваться для кормления различных групп коров с конкретным рационом для каждой из групп. Рационы автоматически смешиваются и многократно раздаются животным в течение суток.

В последнее время получают развитие автоматизированные системы кормления животных, оснащаемые кормораздатчиками на колесном ходу. При создании конструкции таких машин за основу были взяты мобильные смесители-раздатчики кормов (автоматический смеситель-кормораздатчик Innovado (рис. 3.15) фирмы Schuitemaker Machines B. V. (Нидерланды).



Рис. 3.15. Автоматический смеситель-кормораздатчик Innovado

В конструкции кормораздатчика Innovado выемка силоса из траншейных хранилищ и его загрузка в бункер установки осуществляются резчиком силосных блоков, размещенным на стреле с регулируемой длиной вылета. Смешивание ингредиентов производится в бункере кормораздатчика с помощью вертикального шнека. Раздача корма ведется ленточным поперечным транспортером на левую или правую сторону.

Инновационными решениями в конструкции Innovado являются шасси и система управления. Шасси, на котором размещены все рабочие органы робота, имеет четыре независимо управляемых колеса. Привод колес осуществляется электродвигателем с питанием от аккумуляторной батареи.

Система управления кормораздатчика обеспечивает выполнение в автоматическом режиме всех технологических операций загрузки, приготовления и раздачи кормосмеси, а также перемещение робота по заданному маршруту.

Маршрут для Innovado задается путем размещения под поверхностью дорожного полотна специальных индукционных датчиков. На самом роботе установлены гироскоп и взаимодействующие с датчиками сенсоры, обеспечивающие перемещение машины по установленному маршруту.

Безопасная эксплуатация Innovado обеспечивается за счет установленного на нем лазера, который сканирует близлежащее пространство на предмет присутствия людей, животных и других объектов. При обнаружении препятствия на маршруте движения робот немедленно останавливается.

Программное обеспечение системы управления позволяет Innovado осуществлять загрузку кормами из нескольких хранилищ, обслуживая при этом различные группы животных в разных помещениях и приготавливая им кормовые смеси соответствующих рационов.

Автоматизированные системы кормления позволяют повысить эффективность животноводческого хозяйства, снижая затраты и улучшая показатели продуктивности.

Однако они имеют и недостатки.

1. Высокая стоимость внедрения – закупка и установка автоматических систем требуют значительных инвестиций, что может быть неподъемно для небольших хозяйств.

2. Техническая сложность и зависимость от электроники – при сбоях в системе возможны задержки в раздаче кормов, что может негативно сказаться на продуктивности животных.

3. Необходимость квалифицированного персонала – для обслуживания и настройки систем требуются специалисты, что увеличивает затраты на обучение и найм.

4. Ограниченная адаптация на фермах с нестандартной инфраструктурой – автоматизированные системы наиболее эффективны в современных хозяйствах, но могут потребовать модернизации помещений.

5. Риски при неправильных настройках – ошибки в программировании или несоответствие рациона могут привести к недоеданию или перекорму животных.

Таким образом, в автоматизированных системах приготовления и раздачи кормовой смеси подготовка кормов и их выдача животным могут осуществляться разными техническими средствами. Для приготовления кормосмесей применяются как стационарные смесители, так и передвижные координатные роботизированные смесители-раздатчики кормов.

Такие кормораздатчики имеют электронную весоизмерительную систему и смешивающие рабочие органы внутри бункера.

В обоих случаях координатные кормораздатчики совершают многократные перемещения по заранее запрограммированному маршруту. При движении по нему автоматически производится выдача полнорационных кормов через выгрузной патрубок или раздаточный транспортер непосредственно в общую кормушку или на кормовой стол.

Процессом раздачи кормов, в зависимости от выбранной программы кормления и введенных исходных данных, управляет бортовой

компьютер, который может иметь набор базовых функций: выдача суточного рациона, режимы наращивания или снижения нормы выдачи кормов и режим расчетного потребления корма на конкретную корову. Помимо управления компьютер выполняет и ряд расчетных функций: суммирует фактический расход кормов и выдает статистические данные о потреблении коровами различных кормов.

Технические возможности выпускаемых кормораздатчиков позволяют реализовать как индивидуальное, так и групповое кормление, в зависимости от способа содержания животных. Так, при привязном содержании и наличии постоянного месторасположения коровы в конкретном стойле подвесные кормораздатчики способны обеспечить индивидуальную выдачу кормосмеси точно в соответствии с надоем и физиологическим состоянием лактирующей особи. В этом случае остановка кормораздатчика для выдачи кормосмеси конкретной особи обеспечивается с помощью специальных меток на монорельсе или датчиков, установленных над кормушками.

Выбор конкретного решения должен основываться на масштабах фермы, типе содержания животных и экономической целесообразности, чтобы автоматизация приносила максимальную выгоду.

3.3. Автоматизированные системы для индивидуальной раздачи концентрированных кормов

Автоматизированные станции индивидуального кормления могут контролировать потребление корма животными и оперативно выявлять отклонения. Если животное начинает меньше есть, система подает сигнал оператору, что может быть признаком заболевания или стрессового состояния. Такой подход позволяет вовремя реагировать на возможные проблемы и предотвращать падение продуктивности.

Для беспривязного содержания молочного стада КРС существуют два способа индивидуального кормления концентрированными кормами: кормление в доильном зале и кормление в стойловом помещении.

Кормление в доильном зале осуществляется с помощью кормораздатчика с ручной или автоматической идентификацией животных.

Недостатком этого метода является то, что поедание большого количества корма за один раз требует больше времени и может отрицательно сказываться на здоровье животного. Альтернативой этому методу является использование кормораздатчиков для кормления вне

доильного зала круглый год и загон животных в коровник на пару часов перед тем, как выпустить их обратно на пастбище.

Кормораздаточные устройства для кормления в стойловых помещениях требуют автоматизированной идентификации.

При кормлении в стойловом помещении использую кормовые станции, осуществляющие дозирование и индивидуальную выдачу порции комбикорма животному. Когда корова заходит в кормовую станцию, система идентифицирует животное и выдает нужное количество корма. Использование компьютера позволяет снизить трудовые затраты и обеспечивает ведение учета потребления корма каждой коровой.

Автоматическая кормовая станция DairyFeed C 8000 фирмы GEA Farm Technologies представляет собой индивидуальный станок (рис. 3.16), оборудованный одним или несколькими накопительными бункерами *1*, дозатором комбикорма *2* и кормушкой *3*. Для идентификации входящих в бокс животных кормовые станции оснащаются техническими средствами для считывания индивидуального номера коровы с RFID-транспондера, закрепленного на ошейнике или ушной бирке коровы.

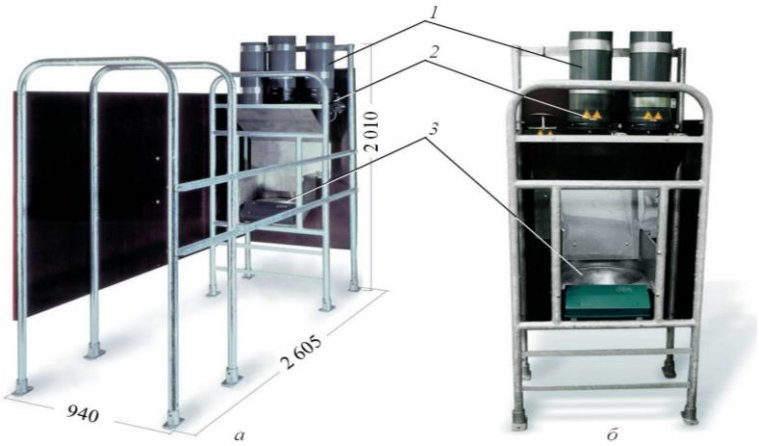


Рис. 3.16. Общий вид и размеры автоматической кормовой станции DairyFeed C 8000:
а – вид сбоку; *б* – вид спереди;
1 – накопительный бункер; *2* – дозатор; *3* – кормушка

Поскольку кормовые станции подключаются к программе управления стадом на ферме, то выдаваемая доза комбикорма автоматически корректируется в зависимости от уровня молочной продуктивности коровы, ее физиологического состояния и ряда других показателей.

Компании Lely предлагает *кормовую станцию Cosmix P* (рис. 3.17). Кормовая станция полностью совместима с доильными роботами Lely Astronaut и подключается к программе управления T4C. Это обеспечивает индивидуальную выдачу концентрированного корма каждой корове с учетом уже съеденных ею комбикормов, выдаваемых доильным роботом во время доения.



Рис. 3.17. Общий вид кормовой станции Cosmix P

В коровнике кормовые станции *2* (рис. 3.18) обычно размещают у продольных стен помещения.

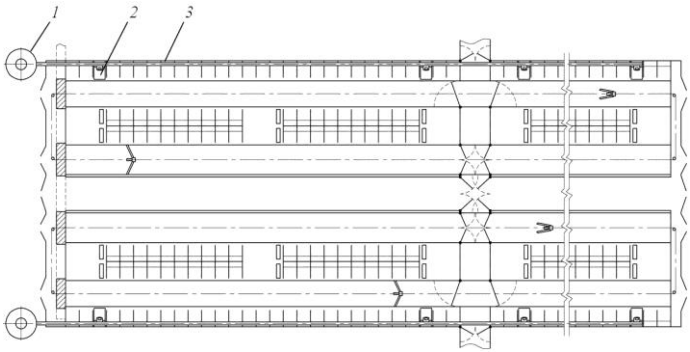


Рис. 3.18. Особенности планировки коровника беспривязно-боксового содержания при использовании комбинированного способа скармливания кормов:
1 – бункер; *2* – автоматическая кормовая станция; *3* – спиральный транспортер

Оперативный запас гранулированного комбикорма хранится в бункерах *1*, из которых спиральными транспортерами *3* подается в кормовые станции *2*. Количество кормовых станций в коровнике принимается из соотношения одна станция на 50…70 животных. Индивидуальная выдача концентрированных кормов животным позволяет реализовать *комбинированный способ скармливания*, когда объемистые корма (силос, сенаж, сено) дозируются на группу животных и раздаются на кормовой стол или в кормушки в виде кормовой смеси, а концентрированные выдаются персонально каждому животному.

3.4. Автоматизированное оборудование для подталкивания кормов на кормовом столе

Из-за поведенческого стереотипа выборочного поедания корма коровами через небольшой промежуток времени после начала кормления часть корма оказывается вне зоны их досягаемости. Поэтому на молочных фермах приходится подталкивать корм ближе к кормовой решетке 2…5 раз в сутки. Выполнение этой операции вручную требует значительных затрат труда. В связи с этим для возврата корма в зону досягаемости его животными выпускается роботизированное оборудование различного исполнения.

Роботизированная установка Butler австрийской фирмы Wasserbauer (рис. 3.19) перемещается по рельсовой направляющей, смонтированной вдоль ограждения кормового стола. Рабочий орган установки выполнен в виде повернутого на угол в 90° ленточного конвейера.



Рис. 3.19. Роботизированная установка Butler-Plus фирмы Wasserbauer

В соответствии с заданной программой робот до 12 раз в сутки перемещается вдоль фронта кормления и за счет вращения конвейера сдвигает корм в зону досягаемости животных.

Фирма Wasserbauer разработала и новую модель робота с расширенными функциональными возможностями Butler-Plus. Он дополнительно оснащен бункером и дозатором (или двумя дозаторами), имеет возможность вносить поверх корма на кормовом столе концентрированные корма, жидкие или минеральные добавки.

Фирма Lely (Нидерланды) разработала другой вариант роботизированной установки для подталкивания корма на кормовом столе. Робот-подталкиватель Juno (рис. 3.20) представляет собой самоходное устройство цилиндрической формы диаметром 1 или 1,6 м, размещенное на трех колесах (одно служит для управления направлением движения робота, два других имеют привод от электродвигателя и обеспечивают перемещение установки).



Рис. 3.20. Робот-подталкиватель кормов Juno фирмы Lely

Перемещение робота Juno по скользкой поверхности кормовых проходов животноводческого помещения без проскальзывания ведущих колес и создание необходимого усилия для сдвигания корма обеспечиваются путем увеличения массы установки до 575 кг за счет размещенного в области ее задней оси и электропривода балласта из бетона. Сдвигание корма в зону досягаемости его животными осуществляется за счет вращения цилиндрического корпуса робота, приводимого в движение электродвигателем. Питание электродвигателей установки осуществляется от аккумуляторной батареи напряжени-

ем 12 В. Зарядка батареи производится на зарядной станции, расположенной на маршруте движения робота.

Для обеспечения работы робота Juno в полностью автоматизированном режиме необходимо определить направление его движения и пройденное расстояние, обеспечить движение по заданному маршруту и поддержание установленного расстояния робота от ограждения кормового стола. Решение этих задач обеспечивается путем оснащения робота соответствующими сенсорами и бортовым компьютером с программным обеспечением для анализа полученной информации, принятия необходимого решения и выдачи команды исполнительным механизмам.

На основе анализа информации, поступающей от установленного в корпусе Juno гироскопа (фиксирует любые изменения направления движения и передает сигналы в блок управления), бортовой компьютер определяет направление движения робота. Пройденное им расстояние вычисляется по результатам обработки информации, получаемой от размещенных на приводных колесах датчиков (подсчитывают число оборотов колес). Расстояние робота от ограждения, по мере его продвижения по кормовому проходу, непрерывно контролируется ультразвуковым датчиком.

Задание маршрута движения робота выполняется вручную путем программирования бортового компьютера с помощью портативного контроллера E-link.

На маршруте движения робота размещается станция для подзарядки аккумулятора, путь к которой также программируется. Для обозначения направления движения по выбранному маршруту в начале и конце пути робота устанавливаются маркеры в виде металлических планок. Робот может обслуживать все кормовые проходы животноводческого помещения.

3.5. Автоматизированные системы выпойки телят

Автоматические станции выпойки телят предназначены для группового и индивидуального вскармливания. Станция выпойки телят может быть установлена практически в любом месте, где содержится молодое потомство. При групповом содержании рекомендуется разделить телят на группы по 20, 40 и 100 гол. Учет и контроль за каждым теленком осуществляется с помощью транспондеров (RFID-меток).

Станция выпойки телят снабжена системой автоматической промывки поилок щелочным или кислотным раствором. После кормления каждого теленка автоматически происходит дезинфекция соски.

Функции автоматических станций выпойки телят:

– регулярное кормление телят смесями на основе цельного молока и ЗЦМ;

– подогрев и тщательное перемешивание смеси перед выпойкой;

– возможность дозированно вводить в молочный корм жидкие и порошкообразные ветеринарные препараты;

– идентификация животных позволяет запрограммировать рацион кормления каждому теленку индивидуально.

Станция выпойки содержит базу данных, в которой ведется учет телят по различным параметрам. По полученной информации можно понять, когда нужно производить обезроживание телят, вакцинацию, а также составить разные рационы для телочек и бычков. Блок управления может производить самодиагностироваие и при обнаружении неполадок выдавать соответствующие предупреждения.

Автоматическая система выпойки телят Lely Calm (рис. 3.21) позволяет им пить молоко в любое время в течение всего дня. При этом процесс выпойки строго контролируется, а ручной труд сокращен до минимума.

Автоматизированная система выпойки телят Lely Calm равномерно делит количество молока, выпиваемое теленком в течение дня, на небольшие порции, подстраиваясь под естественное поведение теленка.



Рис. 3.21. Общий вид автоматической системы выпойки телят Lely Calm

Как только теленок входит в бокс станции выпойки, он идентифицируется с помощью электронного приемопередатчика, и в соответствии с индивидуальным планом выпойки теленка система принимает решение, пора ли ему пить молоко и в каком количестве.

Система выпойки телят Lely Calm позволяет проверять состояние телят в любое время. Она может быть подключена к программе управления T4C, которая дает подробный обзор состояния всех телят и возможность легко контролировать их через персональный компьютер. Эта функция также позволяет создавать отчеты и графики молочных рационов для каждого теленка.

Фирма GEA Farm Technologies предлагает управляемые с помощью компьютера *автоматы для выпойки телят DairyFeed J* (рис. 3.22), специальные контрольные функции которого позволяют осуществлять целенаправленное отслеживание всех важных данных теленка, начиная с самого рождения.



Рис. 3.22. Общий вид автомата
для выпойки телят DairyFeed J

Автоматы для выпойки DairyFeed J могут изготавливаться в автономном исполнении или с помощью модуля DP CalfFeeder интегрироваться в компьютерную систему менеджмента стада с программой DairyPlan 21. На выбор оператору предоставляются различные графики выпойки, например для выращивания телочек, откорма бычков и прочие. Можно также запрограммировать, чтобы каждый теленок получал свой индивидуальный рацион.

Автоматическая станция Kormomata Urban U40 фирмы Urban (рис. 3.23) имеет подключаемые к ней боксы для кормления телят. К одной базовой станции могут быть подключены 3 подобных бокса, с помощью которых можно выкармливать 3 группы животных численностью до 30 гол. каждая. Благодаря встроенному подогреву стакана и системе рециркуляции молока станцию можно использовать даже в морозы. Кроме того, наличие циркуляционного молокопровода гарантирует постоянную температуру смеси, а также минимизирует ее потери, так как недопитая порция может быть выдана другому теленку. Компьютер с помощью системы идентификации (ошейники-транспондеры или ушные бирки с чипами) запоминает эти особенности и отслеживает возможные изменения в поведении телят, в случае обнаружения которых уведомляет обслуживающий персонал. Такая система контроля позволяет выявить заболевания животных задолго до проявления основных симптомов.



Рис. 3.23. Автоматическая станция выпойки телят
Kormomama Urban U40

Влияние человеческого фактора при вскармливании телят с помощью автоматических станций сведено к минимуму, благодаря чему исключается возможность недокорма, заражения инфекциями при некачественной чистке молочной посуды, а также несоблюдении работниками гигиенических норм.

3.6. Автоматизированные пастбищные системы

Одним из эффективных способов снижения себестоимости молока за счет уменьшения издержек на корма является использование пастбищ для кормления животных. Однако выпас коров на обычном пастбище ведет к низкой эффективности использования кормовых ресурсов из-за вытаптывания и загрязнения экскрементами существенной части угодий.

Наиболее целесообразно для выпаса коров организовывать так называемые фронтальные пастбища. На таком пастбище ограничение участка со свежей травой осуществляется с использованием электроизгородей. Это позволяет значительно повысить эффективность использования кормовых ресурсов пастбища, однако существенно увеличивает затраты труда, так как перестановка электроизороди на новый участок производится вручную.

Для сведения к минимуму затрат ручного труда при выпасе коров на «фронтальном» пастбище фирма Lely разработала автоматизированную пастбищную систему Voyager, представляющую собой своеобразную мобильную электроизгородь. Система состоит из двух мобильных роботов, соединенных токопроводящей проволокой (электроизгородью), которая ограничивает участок для выпаса животных (рис. 3.24).

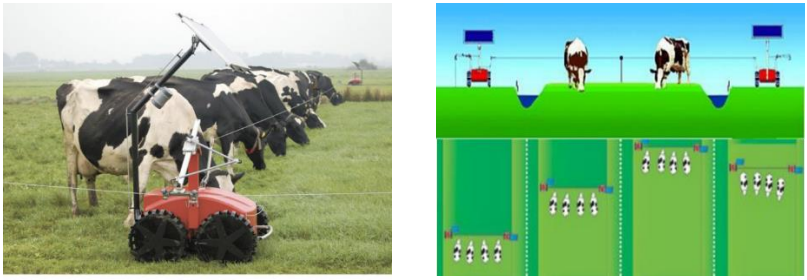


Рис. 3.24. Автоматизированная пастбищная система Voyager и схема пастьбы животных

Перемещаясь в автоматическом режиме на определенные расстояния через установленные промежутки времени, роботы освобождают при этом каждый раз новый участок для пастьбы животных. Это поз-

воляет использовать систему Voyager в течение всего дня на больших пастбищах, а также подгонять животных обратно к ферме для доения.

Автономная работа системы обеспечивается за счет оснащения каждого из роботов фотоэлектрической панелью и аккумулятором (напряжение 12 В, емкость 110 А · ч). Каждый из роботов оснащен четырьмя ведущими колесами, системой управления, устройством для натяжения электроизгороди, которое при изменении расстояния между роботами высвобождает необходимую длину провода или наматывает на барабан его излишки. Наличие следящего устройства обеспечивает движение робота параллельно продольной проволоки на расстоянии от нее порядка 50 см.

Режим движения роботов (расстояние и временные интервалы между перемещениями) программируется оператором в зависимости от размера стада коров, ширины пастбища и используемого кормового рациона. Согласованное перемещение двух роботов обеспечиваются за счет их беспроводной связи друг с другом. Габаритные размеры роботов 1 230×1 310×2 150 мм, масса первого (с устройством натяжения электроизгороди) – 173 кг, второго (с электрошоковым прибором) – 167 кг.

3.7. Автоматизированные кормовые станции для свиноматок

Переход на индивидуальное кормление животных в кормовых станциях позволяет увеличить продолжительность свободного содержания свиноматок в групповых станках, исключив необходимость использования индивидуальных станков в течение холостого и условно супоросного периодов.

Главных факторов, определяющих комфортное самочувствие свиноматок при совместном содержании, всего пять:

– индивидуальное кормление;

– комфортное размещение;

– выравненные группы свиней, в которых каждая особь знает своих соседей и не испытывает лишнего стресса;

– достаточное количество индивидуальных станков для больных или ослабленных свиноматок;

– уделение особого внимания проверяемым свиноматкам.

Оборудование NEDAP VELOS, NEDAP PORCODE обеспечивает комфортное содержание и индивидуальное кормление супоросных свиноматок без участия человека, а также решает задачу оптимального содержания супоросных свиноматок и ремонтного молодняка.

Комплект оборудования кормораздаточной станции *NEDAP VELOS* (рис. 3.25) включает бокс с входным тамбуром, двери с пневмоприводом, которые изолируют животное во время кормления, накопительный бункер с дозатором, кормушку со встроенной поилкой и микропроцессорную систему программного управления.



Рис. 3.25. Общий вид кормовой станции NEDAP VELOS

Благодаря применению *станций кормления* появляется возможность экономить корма (весь корм полностью потребляется животными, отсутствуют потери), организовывать индивидуальное кормление каждой свиноматки в зависимости от ее физиологического состояния, стадии супоросности, сезона, осуществлять контроль за кондициями свиноматок, повысить продуктивность животных и минимизировать потери из-за ошибочных действий персонала.

Кормушка станции оснащена специальной антенной, позволяющей считывать информацию об индивидуальном номере свиноматки, с RFID-бирки, закрепленной в ухе животного. Блок управления станцией передает идентификационную информацию на центральный компьютер, в котором хранится информация о виде корма и необходимом объеме порции для данной свиноматки. Если компьютер определяет, что весь положенный на сегодня корм уже съеден, входная дверь автоматически откроется и следующая, заходящая в бокс кормовой станции, свиноматка вытолкнет из него предыдущую. Одна кормовая станция способна в сутки обслужить 50…60 свиноматок.

Во избежание образования недоеденных остатков корм выдается небольшими (обычно по 100 г) порциями с интервалом в 30…60 с. После выдачи последней порции животному даются дополнительные 2…3 мин на доедание корма. В любой момент свиноматка может свободно выйти из станции, но при этом в кормушке останется не более 100 г корма.

Нормированное индивидуальное кормление супоросных маток осуществляется в автоматическом режиме по сбалансированным рационам в полном соответствии с физиологически обоснованными нормами кормления. Система настраивается таким образом, чтобы свиноматки не испытывали недостатка в питательных веществах и чувства голода, но и не переедали.

Регулирование и контроль приемов и операций «самообслуживания» свиноматок осуществляет процессор. В его электронную память заложены и периодически корректируются сведения о каждом обслуживаемом животном: идентификационный номер, состав рациона, количество потребленного корма за одно кормление и за сутки, число посещений животным кормостанции.

Программное обеспечение также ведет «календарь свиноматки», записывая в него сведения о возрасте и живой массе животного, суточные привесы, дату осеменения, порядковый номер супоросности, предполагаемую дату опороса, число поросят в последнем помете и другие данные. Встроенные в пол кормовой станции электронные весы одновременно с кормлением (или до него) взвешивают животное, и при соответствующих настройках программное обеспечение вносит корректировки в индивидуальный рацион свиноматки.

Подобная комплексная система, сочетающая функции механизации, автоматизации и роботизации кормления свиноматок, управляется общим компьютером, который может регулировать работу до 32 станций. Возможное количество животных на одну кормовую станцию строго не регламентировано и зависит от различных условий.

Оборудование для индивидуального кормления свиноматок может комплектоваться переносным терминалом, позволяющим быстро получать информацию о свиноматке. Терминал имеет антенну, с помощью которой оператор считывает идентификационный номер с ушной бирки животного, после чего на экран выводится информация о физиологическом состоянии животного, режиме и рационе его кормления, потреблении кормов, посещаемости станции и др.

В настоящее время для идентификации свиней наряду с ушными бирками-клипсами на свинофермах применяются капсулы-микрочипы, имплантируемые непосредственно в тело животного (пожизненно). Затраты на них окупаются быстро за счет возможности не только распознавать животных, но и получать обширную зооветеринарную информацию о физиологическом состоянии каждого из них.

3.8. Автоматические станции сортировки поросят на откорме

Применение станций сортировки поросят на откорме позволяет разделить секцию на зону отдыха и несколько зон кормления. Сортировочная станция монтируется на выходе из зоны отдыха и позволяет направить поросенка в ту или иную зону кормления в зависимости от уровня физического развития (массы тела) животного.

Компания Cooperl (Франция) предлагает станцию сортировки TRISTAR (рис. 3.26), которая предназначена для откорма свиней от 25 до 130 кг при содержании животных в больших группах: от 250 до 350 гол. при жидком типе кормления и до 500 – при сухом.



Рис. 3.26. Общий вид станции взвешивания
и сортировки поросят на откорме TRISTAR

Станция сортировки TRISTAR состоит из нескольких модулей:

– взвешивающий модуль состоит из двустворчатых дверей с пневматическим приводом и весовой платформы для взвешивания животных массой до 500 кг;

– модуль сортировки включает в себя 3-позиционный поворачивающийся клапан с двумя пневматическими последовательно соединенными приводами и блок управления;

– модуль антивозврата (рис. 3.27) оснащен створкой в виде вертикальных перекладин, имеющей горизонтально расположенную ось поворота и открывающейся только в одну сторону, что делает возможным перемещение животных только в одном направлении – из зоны кормления в зону отдыха. При необходимости створку можно заблокировать в открытом или закрытом положении.



Рис. 3.27. Общий вид модуля антивозврата

В каждой секции для содержания группы свиней устанавливается 4 модуля антивозврата: 2 модуля устанавливаются на выходах из сортировочной станции, 2 других используются для возврата животных из зон кормления в общую зону отдыха.

Принцип работы сортировочной станции заключается в следующем. Перегородка, разделяющая зону отдыха и зону кормления, оборудована модулями антивозврата (своеобразными обратными клапанами), створки которых открываются только в одну сторону (рис. 3.28).

Модули антивозврата устанавливаются таким образом, чтобы пропускать животных из зоны кормления в зону отдыха. Для движения в обратном направлении (из зоны отдыха в зону кормления) животным приходится проходить через бокс сортировочной станции, в котором происходит их взвешивание, после чего, на основании данных о живой массе животного, открывается та или иная выходная дверь и поросенок проходит в ту или иную зону кормления, где получает соответствующий его физическому состоянию корм.

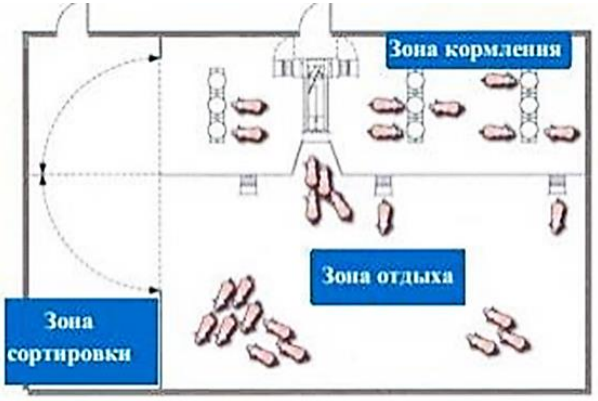


Рис. 3.28. Использование станции сортировки TRISTAR при кормлении свиней

Стоимость одного комплекта станции кормления свиней, в зависимости от комплектации и уровня автоматизации, – от 11 до 37 тыс. евро, а удельные затраты на одну свинью – 215…390 евро.

Но их применение позволяет достичь высоких производственных показателей, в том числе получение от каждой свиноматки по 1,9…2,3 опороса в год с многоплодием 12…14 поросят; обеспечение сохранности приплода и прироста массы молодняка.

Это достигается наряду с экономией (на 16…19 %) дорогостоящих кормов за счет оптимизации рационов и нормирования кормовыдачи, сокращением затрат труда (на 78…86 %), снижением металлоемкости кормораздаточной техники посредством повышения интенсивности ее эксплуатации.

3.9. Перспективы внедрения автоматических систем кормления

Применение индивидуальных кормовых станций особенно эффективно в молочном и свиноводческом хозяйстве, где каждому животному подбирается рацион в зависимости от его продуктивности, возраста и состояния здоровья. Например, исследования показывают, что точное распределение кормов снижает расход концентратов на 10…15 %, одновременно повышая надои и привес.

Современные технологии точного кормления позволяют анализировать химический состав кормов в режиме реального времени и корректировать рацион в зависимости от качества поступающего сырья.

Инфракрасные анализаторы кормов помогают фермерам определять содержание протеина, жира, клетчатки и энергии, что исключает перекармливание дорогими компонентами.

Кроме того, системы автоматизированного смешивания кормов (TMR-миксеры) обеспечивают равномерное распределение всех ингредиентов в кормосмеси, что предотвращает избирательное поедание наиболее питательных фракций и снижает отходы. В результате усвояемость корма увеличивается, а его расход снижается на 5…10 %.

Одной из ключевых проблем является нерациональное использование кормов и их порча. Современные цифровые системы мониторинга позволяют отслеживать динамику потребления корма и анализировать его остатки, чтобы корректировать порции.

Автоматизированные системы учета корма регистрируют количество съеденного корма и выявляют изменения в аппетите животных, что может быть ранним признаком заболеваний. Это помогает избежать лишних затрат на избыточное кормление или дорогостоящее лечение уже запущенных болезней.

Кроме того, сенсорные системы контроля влажности и температуры кормов предотвращают развитие плесени и порчу кормовых запасов.

Оптимизация кормления не только сокращает расход кормов, но и повышает их усвояемость, улучшает здоровье животных и увеличивает экономическую эффективность хозяйства.

Однако, как и любые высокотехнологичные решения, роботизированные системы кормления имеют свои *недостатки.* Самый главный из них – это высокая цена: так, для фермы на 200 коров инвестиции в автоматизацию процесса кормления составят не менее 450–500 тыс. евро без стоимости техники для кормозаготовки, склада для кормов, силосных ям, подъездных путей и коммуникаций.

Автоматика нуждается в контроле со стороны человека, который будет наблюдать за ее работой, корректировать рационы и вовремя проводить техническое обслуживание. Использование роботизированных систем в хозяйстве со слабым менеджментом – напрасная трата денег.

С одной стороны, автоматизация требует приобретения новых умений и навыков, повышения квалификации персонала. С другой, полагаясь на сенсоры и диагностические датчики, человек попадает от них в зависимость, утрачивая самостоятельность в принятии решений.

Еще одна проблема связана с необходимостью перепланировки старых коровников под работу новых автоматических систем.

Тем не менее автоматизация позволяет повысить общую экономическую эффективность хозяйства, добиться более высоких результатов при одновременном сокращении рисков, сделать труд в этой области более интересным и привлекательным для человека. При этом нужно понимать, что технологические и бизнес-процессы поднимают требования к профессии животновода на новый уровень. Вместе с очевидными выгодами новые технологии приносят и новые вызовы, на которые приходится отвечать.

3.10. Проектирование мобильных транспортных потоков на животноводческом предприятии

Транспортная логистика на животноводческом предприятии представляет собой комплекс мероприятий по организации перемещения (доставки) грузов (кормов и других грузов) из одной точки в другую по оптимальному маршруту. Она обеспечивает учет, контроль и управление грузотранспортными потоками. Оптимальным считается маршрут, по которому можно доставить груз в кратчайшие (или предусмотренные) сроки с минимальными затратами.

При выборе транспорта принимают во внимание следующие факторы: объем спроса (оборота), надежность соблюдения графика доставки, время доставки, стоимость перевозки.

Эффективность транспортной логистики в условиях животноводческого предприятия существенно возрастает в результате ее осуществления на основе использования интеллектуальных систем, которые функционируют в режиме реального времени. С их помощью можно отслеживать маршрут транспортных средств, время нахождения в пути, тоннаж грузов.

Для осуществления мониторинга, транспортные средства оснащаются бортовым навигационно-связным оборудованием, подключенным к глобальной системе позиционирования GPS. Посредством этого вся навигационная и телеметрическая информация поступает на компьютер диспетчерской предприятия.

При реализации мониторинга транспортной логистики в условиях животноводческого предприятия необходимо определить:

– оптимальное число транспортных средств для транспортировки кормов от мест хранения до мест подготовки их к скармливанию;

– оптимальное число транспортных средств для раздачи кормов животным.

В этом случае достигается непрерывность работы машин и высокая степень их использования. Правильность сделанного выбора должна быть подтверждена технико-экономическими расчетами.

Оптимальный размер партии поставляемых кормов и, соответственно, оптимальная частота завоза зависят от следующих факторов:

– объема спроса кормов;

– расходов по доставке кормов в места потребления;

– расходов по хранению кормов в месте потребления.

В качестве критерия оптимальности выбирают минимум совокупных расходов по доставке и хранению.

Расходы по доставке кормов при увеличении размера заказа уменьшаются, так как перевозки осуществляются более крупными партиями и, следовательно, реже. Себестоимость грузоперевозок можно существенно уменьшить, если правильно и обоснованно определить требуемый вид транспорта и маршруты поставок кормовых средств и средств труда, грамотно организовав логистическую модель на предприятии.

Потребное число транспортных средств для перевозки кормов с мест хранения на кормоприготовительные площадки можно определить по формуле

$$n_{т} = \frac{Q_{л} T_{ц}}{W_{т} \eta_{т}}, \tag{3.1}$$

где $Q_{л}$ – часовая производительность технологической линии подготовки кормов к скармливанию, т/ч;

$T_{ц}$ – длительность транспортного цикла, ч;

$W_{т}$ – грузоподъемность транспортного средства, т;

$\eta_{т}$ – коэффициент использования времени смены.

Транспортный цикл состоит из следующих основных частей:

$$T_{ц} = t_{1} + t_{выг} + t_{заг}, \tag{3.2}$$

где t_{1} – время пробега транспортного средства, ч;

$t_{выг}$, $t_{заг}$ – соответственно время, затраченное на загрузку и выгрузку кормов из транспортного средства, ч;

Время пробега транспортного средства можно определить по формуле

$$t_{1} = \frac{2L}{v_{ср}}, \tag{3.3}$$

где L – длина пути, км;

$v_{ср}$ – средняя скорость движения транспортного средства, км/ч.

Максимум производительности транспортного средства можно определить по формуле

$$Q_т = \frac{W_т v_{ср}}{L}. \quad (3.4)$$

Из формулы (3.4) можно получить значение грузоподъемности транспортного средства, когда комплексный показатель производительности имеет максимум:

$$W_т = \frac{LQ_т}{v_{ср}}. \quad (3.5)$$

Число мобильных кормораздатчиков, необходимых для обслуживания фермы, определяют исходя из времени раздачи корма в одном помещении режима работы кормоцеха и наличия или отсутствия накопительной емкости готовой кормосмеси.

При определении числа машин для транспортировки кормов от мест хранения или подготовки их к скармливанию до кормушки животных используют нормы технологического проектирования животноводческих предприятий и зоотехнические требования.

Число кормораздатчиков, необходимых для обслуживания поголовья животных

$$n_к = \frac{Q_к T_ц}{W_к \eta_т}, \quad (3.6)$$

где $Q_к$ – часовая производительность кормораздатчика за один час сменного времени, т/ч;

$T_ц$ – длительность транспортного цикла, ч;

$W_к$ – грузоподъемность кормораздатчика, т;

$\eta_т$ – коэффициент использования времени смены кормораздатчика.

Производительность кормораздатчика за один час сменного времени

$$Q_к = m_ж q v_{ср} L_р k_р, \quad (3.7)$$

где $m_ж$ – число животных на ферме;

q – количество корма i-го вида, расходуемое по максимальному суточному рациону на одно животное, кг;

$L_р$ – длина фронта раздачи кормов, км;

$k_р$ – коэффициент загрузки кормораздатчика.

Длительность транспортного цикла:

$$T_ц = t_{раз} + t_{вспом}, \tag{3.8}$$

где $t_{раз}$ – время, затрачиваемое на непосредственную раздачу корма, ч;

$t_{вспом}$ – время, затрачиваемое на вспомогательные операции, ч.

Коэффициент использования рабочего времени

$$\eta_т = \frac{t_{раз}}{t_{раз} + t_{вспом}}. \tag{3.9}$$

Время, затрачиваемое на вспомогательные операции,

$$t_{вспом} = t_{заг} + t_{простои} + t_{то} + t_{рем} + t_{переезда}, \tag{3.10}$$

где $t_{заг}$ – время загрузки, ч;

$t_{простои}$ – время, затрачиваемое на простой по технологическим причинам, ч;

$t_{то}$ – время, затрачиваемое на техническое обслуживание, ч;

$t_{рем}$ – время, затрачиваемое на ремонт машины, ч;

$t_{перезда}$ – время переезда от одной линии раздачи к другой, если вместимость кузова (бункера) обеспечивает раздачу корма в нескольких линиях, ч.

Время переезда транспортного средства можно определить по формуле

$$t_{переезда} = \frac{2L}{v_{ср}}, \tag{3.11}$$

где L – длина пути, км;

$v_{ср}$ – средняя скорость движения транспортного средства, км/ч.

Время на выполнение погрузочных работ определяется по формуле

$$t_{погр} = \frac{W_т k_т}{Q_{загр}}, \tag{3.12}$$

где $W_т$ – грузоподъемность транспортного средства, т;

$k_т$ – коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;

$Q_{загр}$ – производительность погрузчика, т/ч.

Полезная грузоподъемность транспортного средства

$$W_т = \frac{V_{раз} - V_{шнека}}{\rho}, \quad (3.13)$$

где $V_{раз}$ – объем кузова раздатчика, м^3;

$V_{шнека}$ – объем шнека, установленного в кузове раздатчика, м^3;

ρ – плотность кормосмеси, кг/м^3.

Объем шнека, установленного в кузове раздатчика,

$$V_{шнека} = \frac{\pi(D_ш^2 - d_в^2)}{4} L_ш, \quad (3.14)$$

где $D_ш$ – диаметр шнека, м;

$d_в$ – диаметр вала шнека, $d_в = (0{,}25...0{,}35)D_ш$, м;

$L_ш$ – длина шнека, м.

Задавшись величиной диаметра $D_ш$, определим $L_ш$ из соотношения:

$$L_ш = D_ш(0{,}25...0{,}35). \quad (3.15)$$

Правильный выбор машин *для погрузки кормов* в значительной мере определяет эффективность работы животноводческой фермы. Производительность погрузчика можно определить по формуле

$$Q_{загр} = m_п к_ц, \quad (3.16)$$

где $m_п$ – масса груза при подъеме, т;

$к_ц$ – число циклов машины за 1 ч непрерывной работы.

Время, затрачиваемое на раздачу кормов животным, можно определить по формуле

$$t_{раз} = \frac{m_ж L_{разд}}{v_{разд}}, \quad (3.17)$$

где $m_ж$ – количество животных, обслуживаемых за один цикл, шт.;

$L_{разд}$ – длина фронта раздачи кормов на одно животное, $L_{разд}$ = 1 м;

$v_{разд}$ – скорость движения агрегата при раздаче кормов, м/ч.

Зная грузоподъемность кормораздатчика, их число для обслуживания поголовья животных можно определить по формуле

$$m_{\text{р}} = \frac{m_{\text{ж}} q t_{\text{раз}}}{W_{\text{т}} (t_{\text{раз}} + t_{\text{вспом}})}, \qquad (3.18)$$

где $m_{\text{ж}}$ – число животных на ферме, гол.;

q – норма кормосмеси на одно животное, кг;

$W_{\text{т}}$ – полезная грузоподъемность транспортного средства, т.

Согласно приведенной методике произведен технико-экономический расчет самоходных смесителей-раздатчиков, на основании которого можно сделать выводы:

– для молочно-товарных ферм до 200 гол. и до 1 000 гол. откормочного поголовья вместимость бункера смесителя-раздатчика должна быть не более 6 м^3;

– для ферм с большим поголовьем целесообразно выпускать смесители-раздатчики с вместимостью бункера около 11 м^3;

– сочетание двух смесителей-раздатчиков с бункерами 6 м^3 и 11 м^3 позволит обслужить любые молочно-товарные фермы, имеющиеся в республике, с наименьшими эксплуатационными затратами.

Для минимизации транспортных издержек могут быть применены различные варианты организации маршрутов движения автотранспорта. Наиболее простым из них является *маятниковый маршрут* движения с обратным загруженным пробегом транспортного средства. При данном варианте организации транспортировки кормов транспортное средство загружено наполовину. График работы для данного варианта организации транспортировки кормов представлен на рис. 3.29.

Эффективность использования транспортного средства возрастает при его *частично или полностью груженом обратном пробеге*. Для этого случая склады хранения кормов должны быть расположены на незначительном расстоянии от других сельскохозяйственных объектов, а график работы будет иметь вид, представленный на рис. 3.30. Из графика видно, что при расчете числа транспортных средств необходимо учитывать затраты времени на выполнение дополнительной транспортной работы.

Наиболее эффективно организовывать транспортный процесс с обратным полностью груженым транспортным средством (рис. 3.31).

В этом случае коэффициент использования пробега равен единице. Холостой пробег транспортное средство совершает только перед началом и в конце рабочего процесса.

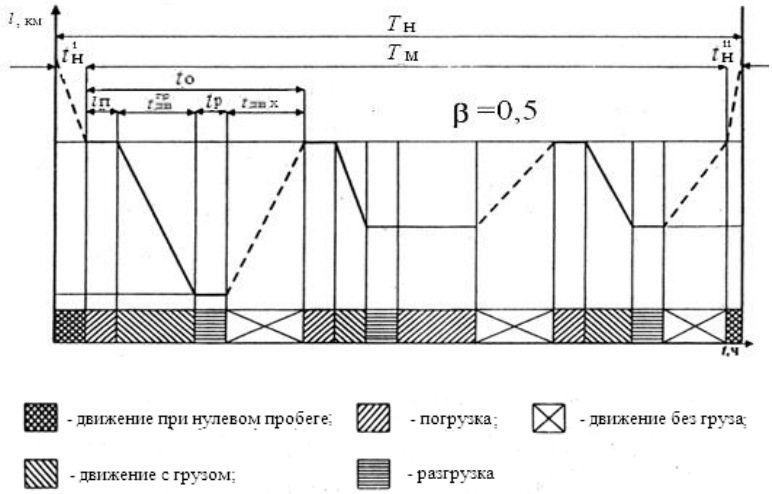


Рис. 3.29. График работы транспортных средств с обратным загруженным пробегом

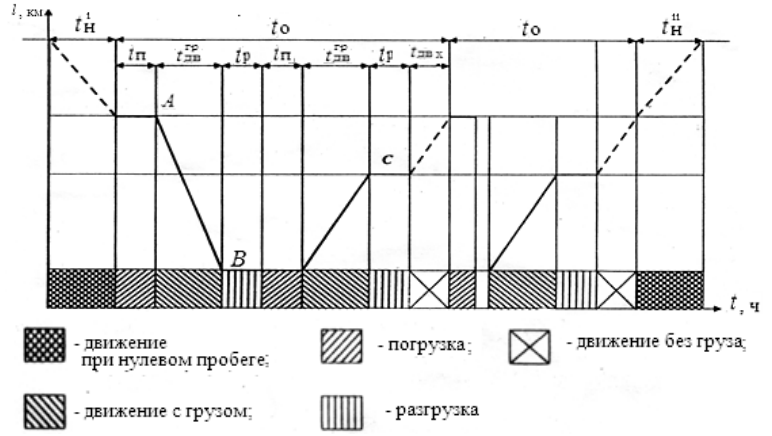


Рис. 3.30. График работы транспортных средств на маятниковом маршруте с неполным груженым пробегом

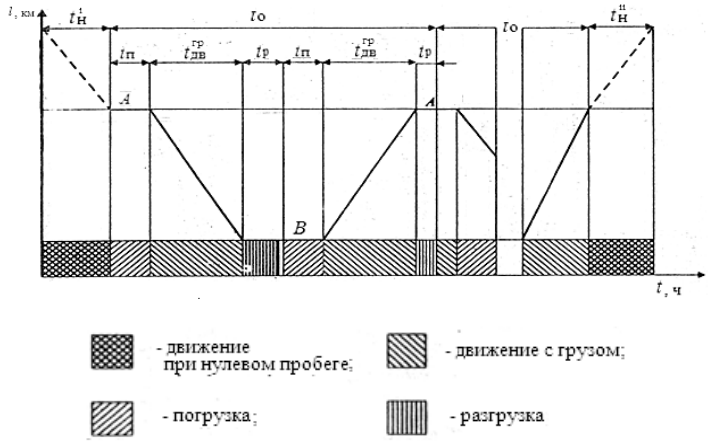


Рис. 3.31. График работы транспортных средств на маятниковом маршруте с груженым обратным пробегом

Маршрут движения транспортных средств, доставляющих одновременно несколько видов кормов, отличается наличием нескольких мест погрузки груза. Практически транспортное средство в данном случае движется по кольцевому маршруту (рис. 3.32).



Рис. 3.32. График работы транспортного средства на кольцевом маршруте

Таким образом, для транспортировки кормов могут быть составлены различные варианты маршрутов. Проблема планирования перевозок включает определение маршрута с минимумом холостого пробега транспортного средства, распределение подвижного состава и погрузочных средств по маршрутам работы, которые должны быть тесно увязаны с производительностью стационарных машин и оборудования.

При организации движения транспортного средства необходимо минимизировать формулу

$$L_{\text{х}} = \sum_{i=1}^{n_i} (L^1_{\text{х}} - L_{\text{гр}})\, \text{к}_{\text{т}}, \qquad (3.19)$$

где n_i – число маршрутов;

$L^1_{\text{х}}$ – расстояние, преодолеваемое транспортным средством без груза, км;

$L_{\text{гр}}$ – расстояние, преодолеваемое транспортным средством с грузом, км;

$\text{к}_{\text{т}}$ – число ездок.

В процессе решения задачи получают данные, позволяющие определить наиболее рациональный маршрут движения транспортного средства. Наилучшее значение будет при минимальной разности $L^1_{\text{х}} - L_{\text{гр}}$.

3.11. Практическая работа 3. Расчет потребности в мобильных транспортных средствах для доставки кормов в места подготовки к скармливанию

Цель работы. Определить необходимое число транспортных средств для освоения заданного объема перевозок кормов.

Содержание работы. На основании суточной потребности в кормах и расстояния их транспортировки рассчитать необходимое количество транспортных средств.

Последовательность расчета.

Исходные данные для расчетов принимаются из прил. 2.

Длительность одного цикла раздачи определяется как сумма затрат времени на отдельные операции этого цикла:

$$t_0 = \left(t_{\text{х}} + t_{\text{заг}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{выгр}}\right) k_{\text{о}}, \qquad (3.20)$$

где $t_{\text{х}}$ – время холостого хода транспортного средства от фермы до склада, ч;

$t_{\text{заг}}$ – время загрузки транспортного средства, ч;

$t_{тр}$ – время транспортировки корма от склада до фермы, ч;

$t_{выгр}$ – время разгрузки загрузки транспортного средства, ч, $t_{выгр}$ = 0,08 часа;

$k_о$ – коэффициент, который учитывает затраты времени на вынужденные остановки, развороты и т. д., $k_о$ = 1,1…1,2.

Время холостого хода транспортного средства от фермы до склада определяют по формуле

$$t_х = \frac{L}{v_х}, \tag{3.21}$$

где L – среднее расстояние от животноводческого помещения до склада кормов, км;

$v_х$ – скорость транспортировки пустого раздатчика, км/ч, $v_х$ = 13…20 км/ч.

Время загрузки транспортного средства рассчитывают по формуле

$$t_{заг} = \frac{q_б}{Q_з}, \tag{3.22}$$

где $q_б$ – масса корма, загружаемая за один цикл погрузчиком, кг, $q_б$ = 400 кг;

$Q_з$ – производительность загрузчика, кг/ч, $Q_з$ = 15 000 кг/ч.

Время транспортировки загруженного кормораздатчика к месту раздачи кормов составляет:

$$t_{тр} = \frac{L}{v_{тр}}, \tag{3.23}$$

где $v_{тр}$ – скорость транспортировки загруженного кормораздатчика, км/ч, $v_{тр}$ = 5…10 км/ч.

Необходимое число транспортных средств для освоения заданного объема перевозок на маршруте определяется по формуле

$$A_м = \frac{Q_м}{q\gamma_с} t_0, \tag{3.24}$$

где $Q_м$ – суточный объем перевозок корма, т;

q – номинальная грузоподъемность транспортного средства, т;

$\gamma_с$ – коэффициент использования грузоподъемности, $\gamma_с$ = 0,89;

t_0 – время, затрачиваемое на оборот транспортного средства, ч.

3.12. Практическая работа 4. Определение количества мобильных раздатчиков кормов на животноводческой ферме

Цель работы. Определить необходимое число мобильных раздатчиков кормов для освоения заданного объема раздачи их животным.

Содержание работы. На основании суточной потребности в кормах и расстояния их транспортировки рассчитать необходимое количество мобильных раздатчиков кормов.

Последовательность расчета.

Исходные данные для расчетов принимаются из прил. 3.

При раздаче кормов мобильными кормораздатчиками-смесителями необходимо определить их грузоподъемность, длительность одного рейса (цикла) и общее количество кормораздатчиков для фермы.

Грузоподъемность мобильного кормораздатчика (количество корма, которое можно доставить и раздать за один рейс)

$$q_{б} = V_{б} k_{з} \rho_{к}, \tag{3.25}$$

где $V_{б}$ – вместимость бункера-кормораздатчика, м³;

$k_{з}$ – коэффициент заполнения бункера, $k_{з} = 0{,}8\ldots1$;

$\rho_{к}$ – плотность корма, кг/м³, $\rho_{к} = 200$ кг/м³.

Количество циклов, которые может выполнить один кормораздатчик за время раздачи:

$$i_{ц} = \frac{T_{р}}{t_{ц}}, \tag{3.26}$$

где $T_{р}$ – допустимое время раздачи кормов (предопределяется распорядком дня), ч, $T_{р} = 1{,}5\ldots2$ ч;

$t_{ц}$ – время, необходимое для выполнения одного рейса или цикла раздачи, ч.

Длительность одного цикла раздачи определяется как сумма затрат времени на отдельные операции этого цикла

$$t_{ц} = \left(t_{х} + t_{з} + t_{т} + t_{р}\right) k_{о}, \tag{3.27}$$

где $t_{х}$ – время транспортировки пустого кормораздатчика, ч;

$t_{з}$ – время загрузки кормораздатчика, ч;

$t_{т}$ – время транспортировки загруженного кормораздатчика, ч;

$t_{р}$ – продолжительность раздачи кормов, ч;

$k_о$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на вынужденные остановки, развороты и т. д., $k_о$ = 1,1…1,2.

Время транспортировки пустого кормораздатчика к месту его загрузки кормами определяют по формуле

$$t_х = \frac{L}{V_х}, \tag{3.28}$$

где L – среднее расстояние от животноводческого помещения к месту загрузки кормов, км;

$V_х$ – скорость транспортировки пустого раздатчика, км/ч, $V_х$ = 13…20 км/ч.

Время загрузки кормораздатчика рассчитывают по формуле

$$t_з = \frac{q_б}{Q_з}, \tag{3.29}$$

где $Q_з$ – производительность загрузчика, кг/ч, $Q_з$ = 15 000 кг/ч.

Время переезда кормораздатчика к месту раздачи кормов

$$t_т = \frac{L}{V_т}, \tag{3.30}$$

где $V_т$ – скорость транспортировки загруженного кормораздатчика, км/ч, $V_т$ = 5…10 км/ч.

Время, необходимое на раздачу кормов животным, можно определить по формуле

$$t_р = \frac{m_ж L_{разд} К_{корм}}{v_{разд}}, \tag{3.31}$$

где $m_ж$ – количество животных, обслуживаемых за один цикл, гол.;

$L_{разд}$ – ширина фронта кормления на 1 гол., м, $L_{разд}$ = 0,8…1,1 м;

$К_{корм}$ – изменяемость кормления ($К_{корм}$ = 1 при привязном способе содержания животных, при других – $К_{корм}$ = 2…3);

$v_{разд}$ – скорость движения агрегата при раздаче кормов, $v_{разд}$ = 1 300…3 000 м/ч.

Общее количество циклов (рейсов) для кормления всех животных зависит от объема кормов, которые необходимо раздать, и составляет

$$i_з = \frac{q_{разд}}{q_б}, \quad (3.32)$$

где $q_{раз}$ – количество корма для одного кормления, кг;

$q_б$ – масса корма в бункере кормораздатчика, кг.

Количество корма для одного кормления определяют по формуле

$$q_{разд} = m_ж q_к, \quad (3.33)$$

где $m_ж$ – общее поголовье животных на ферме, гол.;

$q_к$ – норма выдачи корма на одно животное, кг.

Тогда нужное количество мобильных кормораздатчиков

$$n_р = \frac{i_з}{i_ц}. \quad (3.34)$$

Полученный результат расчета округляют до целого числа в сторону увеличения и принимают как количество раздатчиков для фермы.

Глава 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

4.1. Проектирование механизированных процессов доения и первичной обработки молока

Доение коров – не только функционально наиболее ответственный процесс в общей технологии производства молока, влияющий на продолжительность хозяйственного использования коров, их продуктивность и качество получаемого молока, но и один из наиболее трудоемких, на выполнение которого затрачивается до 37 % рабочего времени, связанного с обслуживанием животных. Критериями, характеризующими эффективность функционирования технологической системы машинного доения коров, являются полнота выдаивания, скорость выведения молока из вымени и частота заболеваний коров маститом. Указанные критерии зависят как от технических характеристик применяемого доильного оборудования, так и от соблюдения технологии машинного доения обслуживающим персоналом.

Качественное проведение преддоильных операций, своевременное выполнение заключительных операций требуют от оператора постоян-

ного контроля за интенсивностью молокоотдачи у животных. Но, так как у животных разная продолжительность доения как в целом по вымени, так и по каждой доле в отдельности, оператор, работая с тремя или четырьмя доильными аппаратами, не в состоянии вовремя воспринять или, в силу своей некомпетентности, правильно оценить и своевременно отреагировать на изменение этого показателя. Доильный аппарат вследствие конструктивных особенностей также не может адекватно воспринять изменение интенсивности потока молока в процессе молоковыведения. В результате снижается молочная продуктивность, увеличивается заболеваемость коров маститом, сокращается лактационный период. Поэтому наиболее целесообразным является использование такого доильного оборудования, функционирование которого обеспечивает автоматическое управление режимом доения коров в соответствии с физиологическими особенностями долей вымени и минимизирует возможные отклонения в технологической системе машинного доения.

Технологический процесс доения коров может выполняться по двум схемам:

– в стойлах коровников со сбором молока в молокопроводы или в переносные ведра линейных установок;

– в станках молочно-доильных блоков и площадок со сбором молока в молокопроводы.

При привязном содержании доение проводят аппаратами в доильные ведра или молокопровод.

Более прогрессивный метод – *доение коров в специальных помещениях*. Применяют его на фермах с беспривязным содержанием коров. При этом используют доильные установки типа «Елочка», «Тандем», «Карусель» или установки с параллельным размещением коров.

На современной доильной установке «Елочка» один оператор может обслуживать 16 доильных аппаратов и доить за час 60…80 коров.

При использовании автоматизированной установки «Карусель» количество обслуживаемых одним оператором аппаратов возрастает до 20, производительность составляет 80…100 коров в час.

Установку «Тандем» можно рекомендовать в первую очередь для тех хозяйств, где нет еще подобранного по времени доения и скорости молокоотдачи стада. В то же время для достижения максимальной производительности на установке «Елочка» коровы должны быть подобраны по скорости молокоотдачи и продуктивности.

При машинном доении следует выполнять ряд важных требований, определяющих успешное его применение и создающих благоприятные условия для деятельности молочных желез коров:

– необходимо у животного выработать полный рефлекс молокоотдачи, т. е. активную ответную реакцию коровы на доение;

– обеспечить быстрое доение и устранение ручного додоя;

– учитывать индивидуальные особенности коров и их повадки;

– устанавливать режим доения, обеспечивающий заполнение молоком вымени.

Обычно коров доят 2...3 раза в день, высокопродуктивных и новотельных 3...4 раза. При трехкратном доении в ряде случаев получают на 10 % больше молока, чем при двукратном, но при сокращении же количества доений с трех до двух затраты труда снижаются на 25...30 %.

Обработка и реализация молока осуществляются одним из трех способов:

– первичная обработка с фильтрацией, неглубоким охлаждением, кратковременным хранением и транспортировкой молока на заводы;

– обработка с фильтрацией, глубоким охлаждением, кратковременным или длительным хранением и транспортировкой на заводы;

– обработка с улучшенной очисткой, пастеризацией, глубоким охлаждением, кратковременным или длительным хранением разливного или фасованного молока и доставкой его непосредственно потребителям.

При машинном способе доения и первичной обработке молока все последовательные операции объединяют в неразрывный технологический поток, т. е. создаются поточные производственные механизированные и автоматизированные линии.

Поточно-технологические линии должны:

– осуществлять технологический процесс с наименьшими затратами труда, энергии, средств и времени;

– отвечать зоотехническим требованиям по качеству работы и быть максимально надежными;

– обслуживать все поголовье животных на ферме.

Построение технологического процесса начинают с определения состава и последовательности операций, которые включаются в ту или иную линию, изображаемую в виде схемы.

Технологические (или операционные) схемы представляют собой краткое описание порядка и последовательности выполнения отдельных операций поточно-технологических линий (ПТЛ) без указания типа и марки машины, осуществляющей ту или иную операцию (рис. 4.1).

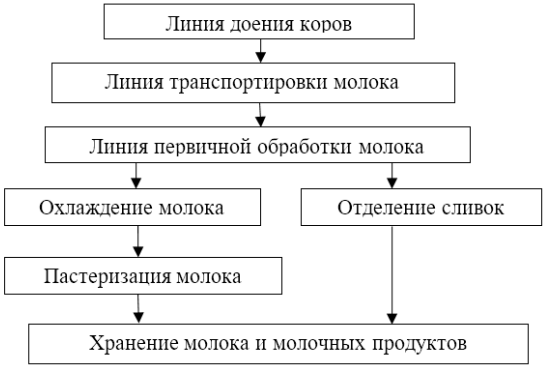


Рис. 4.1. Технологическая схема процесса доения коров
и первичной обработки молока на молочной ферме

Конструктивно-технологические схемы отражают конкретный состав машин, включенных в ПТЛ, и представляются в проектной технической документации, отображающей типы машин и технологические процессы (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Конструктивно-технологическая схема процесса производства молока
и первичной обработки молока на молочной ферме

Структурные схемы ПТЛ отражают внутреннюю структуру производственных потоков, соподчиненность отдельных элементов, участков или секций, показывают направления движения материальных потоков, управляющих воздействий и команд, наличие и месторасположение регулирующих или запасных емкостей и резервирующих средств (рис. 4.3).

От правильности выбора структуры ПТЛ зависит, прежде всего, надежность работы всей линии и ее технико-экономические показатели.



Рис. 4.3. Структурная схема поточной линии доения коров и первичной обработки молока

4.2. Стационарные доильные установки для доения в специальных доильных залах

Установки для доения в специальных доильных залах применяются преимущественно при беспривязной системе содержания коров, но могут применяться и при привязной, в особенности, если имеется автоматическая групповая привязь.

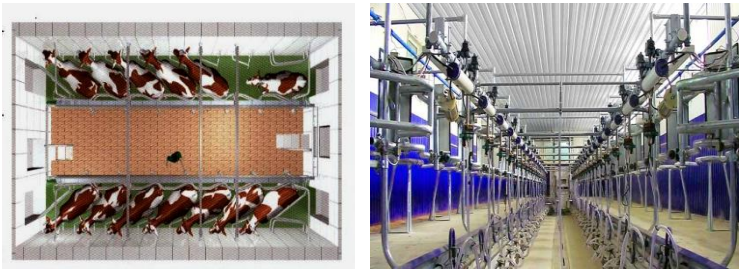
На доение коров перегоняют от мест их содержания по очереди или группами, впускают в доильное помещение и размещают в станках. После окончания доения коровы возвращаются на прежние места, а в доильные станки загоняют следующих коров.

Преимуществом доильных установок для доения в доильных залах является: глубокая специализация труда операторов, исключающая выполнение таких операций, как раздача корма, чистка стойл и др. Наличие заглубленной траншеи устраняет работу дояра в наклонном положении при проведении подготовительных и заключительных операций; минимальный путь перемещения молока от доильного аппарата к охладителю; возможность максимально автоматизировать доение; взаимодействие с программами менеджмента стада.

Это позволяет повысить производительность труда операторов при машинном доении и получать молочную продукцию более высокого качества.

Доильные установки для доения коров в специальных залах *подразделяют* на группы: «Елочка»; «Тандем»; «Карусель».

Установки класса «Елочка» обеспечивают доение коров, которые имеют приблизительно одинаковую интенсивность молокоотдачи (рис. 4.4). В зависимости от особенностей конкретной модели внутрь доильного зала одновременно запускается определенное количество коров. После доения коровы выходят по очереди.



а *б*

Рис. 4.4. Доильный зал «Елочка»:
а – схема доильной установки; *б* – общий вид доильной установки

Установки типа «Елочка» выпускают в двух модификациях – с углом постановки коров к траншее дояра 30° и 60°.

Достоинства «Елочки 30°» – небольшая ширина установки, что позволяет размещать эти установки в типовых доильно-молочных блоках молочных ферм, имеющих шестиметровый строительный пролет.

«Елочки 60°» оборудуются быстрым выходом, что ускоряет освобождение установки и повышает ее пропускную способность. Однако эти установки требуют более широкого доильного зала и дороже. В состав стационарной доильной установки «Елочка» входят два доильных станка на 8 мест каждый. Расстояние между доильными аппаратами составляет 115 см.

Достоинством считается хороший обзор вымени коровы и удобный доступ к нему – оператор получает к вымени безопасный и удобный доступ, благодаря тому, что подсоединение сосковой резины к вымени коровы осуществляется сбоку.

К преимуществам можно отнести относительно небольшую площадь, занимаемую залом, относительную дешевизну в обслуживании, высокую унифицированность оборудования.

Однако увеличение фронта работы дояра (длина траншеи) снижает производительность труда, а следовательно, и пропускную способность установки, особенно в группах коров, имеющих разную продуктивность и скорость молокоотдачи – высокоудойные и тугодойные коровы задерживают выход остальных животных из зала, в результате чего замедляется общее время дойки.

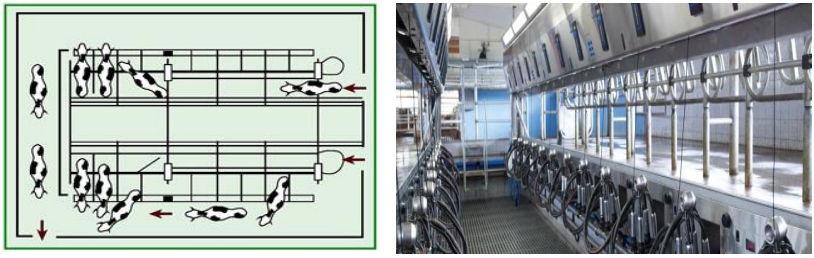
В таких установках после окончания доения коровы выходят последовательно друг за другом, что также снижает пропускную способность.

Количество дойных мест в «Елочке», как правило, не больше 28 (2×14, т. е. по 14 коров с каждой стороны). «Елочку» рационально использовать на фермах с поголовьем не более 500 гол.

Особенности установки *«Параллель»* (рис. 4.5): животные уже находятся под углом 90° к доильной яме, т. е. ровно задом к оператору, благодаря позиционированию коровы близко по краю доильной ямы, доступ к вымени и подсоединение доильного аппарата происходит без усилий. Надежная фиксация животных происходит спереди с помощью устойчивой фронтальной решетки. После окончания доения животным для выхода не нужно менять направление движения.

Подключение доильных аппаратов производится между задних ног животного. Благодаря такой постановке животных длина доильного места уменьшается до 0,75 м, существенно экономится площадь до-

ильного зала. Такая компоновка позволяет монтировать установки до 50 гол. в ряд, т. е. до 100 коров (2×50) могут доиться одновременно.



а *б*

Рис. 4.5. Доильный зал «Параллель»:
а – схема доильной установки; *б* – общий вид доильной установки

Большинство залов типа «Параллель» оборудовано системой индивидуального выхода – отдоившиеся коровы не должны ждать других животных, что способствует быстрому освобождению зала.

Недостаток залов типа «Параллель» – из-за особенности постановки животных на дойку оператору неудобно работать с передними четвертями вымени. Данный тип установок на сегодняшний день является оптимальным решением для крупных хозяйств – 500...2 000 гол. Пропускная способность установок данного типа достигает 4,5 гол/ч на одно место.

Доильные установки с индивидуальными станками типа «Тандем» предназначены для доения коров на племенных и товарных фермах, комплексах промышленного типа с неподобранными по продуктивности животными (рис. 4.6).

Станки установки «Тандем» обеспечивают возможность индивидуального обслуживания и осмотра каждой коровы.

На установках типа «Тандем» операторы находятся в траншее глубиной 0,6...0,75 м, по бокам и параллельно которой расположены индивидуальные станки для коров. В каждом станке имеется свой доильный аппарат.

Для выполнения подготовительных и заключительных операций не приходится нагибаться и работать в согнутом положении.



а *б*

Рис. 4.6. Доильная установка «Тандем»:
а – схема доильной установки; *б* – общий вид доильной установки

Входом и выходом коров в станок управляет оператор индивидуально для каждой коровы, не мешая работе в других станках. При этом коровы поедают подкормку из кормушек во время доения.

Преимуществом этой установки является возможность доить в станке коров любой продуктивности и имеющей разную продолжительность доения. Поэтому их применяют на небольших фермах с неоднородными по продуктивности и скорости молокоотдачи стадом.

Из *недостатков доильной* установки «Тандем» нужно отметить относительно большую площадь, занимаемую оборудованием; высокую материалоемкость; низкую унифицированность оборудования; длинный путь оператора от одного доильного места до другого (2,55 м).

Данный тип доильного зала применяется на небольших фермах со 100…150 гол. дойного стада.

Доильная установка «Карусель» (рис. 4.7) представляет собой вращающуюся платформу в виде кольцеобразного диска (внутренний диаметр – 12 м, наружный – 15 м). Она применяется на комплексах и фермах промышленного типа с хорошо подобранным по продуктивности поголовьем. Позволяет доить коров в ритме конвейера, что создает условия для автоматизации процесса доения и обеспечивает доение от 100 до 120 коров в час на одного оператора (2 оператора успевают обслужить более 200 коров за 1 ч).

В начале дойки животные заходят одна за другой в станки по мере вращения «Карусели». На установках коровы непрерывно едут на платформе. Скорость вращения карусели настраивается в зависимости от скорости молокоотдачи коров, количества операторов и навыков их работы.



Рис. 4.7. Доильный зал «Карусель»

Операторы находятся с внутренней стороны установки на глубине 0,6–0,75 м и свободно двигаются внутри «Карусели». Для выполнения подготовительных и заключительных операций оператору не приходится нагибаться и работать в согнутом положении.

Привод платформы осуществляется от мотор-редуктора с бесступенчатым вариатором мощностью 4 кВт, обеспечивающим один оборот платформы за 6...14 мин.

4.3. Цифровые технологии для роботизированного доения животных

В мире созданы и активно используются на практике автоматизированные системы доения – доильные роботы. Эффективность использования роботизированных систем для доения коров заключается не только в известных преимуществах автоматизации индустриального производства (исключение ручного труда, повышение интенсивности использования оборудования и т. д.), но и в достижении технологического эффекта путем создания физиологически более благоприятных условий для молочного скота.

Основной эффект от использования роботов складывается из общего снижения трудозатрат (порядка 4,5 тыс. чел.-ч в год для МТФ на 200 гол.), а также исключения низкоквалифицированного труда обслуживающего персонала, от которого зависит состояние здоровья выдаиваемых животных. Поэтому в целом затраты на эксплуатацию роботизированной фермы часто оказываются ниже, чем для доильного зала или при доении животных на привязи (рис. 4.8).

Исследования показывают, что животные достаточно быстро привыкают к доению роботом и самостоятельно посещают доильный бокс. При этом увеличивается частота доений животных (у высокопродуктивных коров – до 4 и более раз в сутки), что благотворно сказывается на здоровье вымени животного.

На рынке доильных роботов представлена продукция семи производителей: Lely, Fullwood, Insentec (Нидерланды), DeLaval (Швеция), S. A. Christensen (Дания), BouMatic (США) и GEA Farm Technologies (Германия). Все выпускаемые роботы имеют конструктивные отличия.

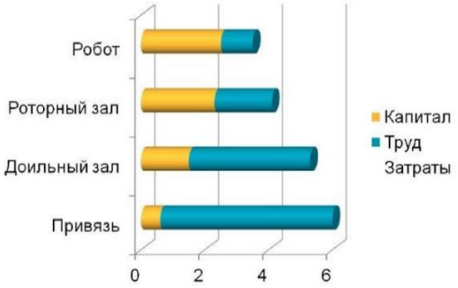


Рис. 4.8. Затраты на эксплуатацию различных систем доения

Фирма Lely предлагает потребителям новое поколение доильного робота – Astronaut A4 (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Основные составляющие доильного робота Astronaut:
1 – бокс для коровы; *2* – кормушка; *3* – входные и выходные ворота;
4 – рука-манипулятор; *5* – взвешивающий помост; *6* – панель управления X-Link;
7 – машинное отделение

Автоматическая кормушка 2 установлена на передней панели бокса *1* и оснащена антенной, идентифицирующей корову для системы доения.

Машинное отделение 7 расположено в задней части бокса и содержит вакуумное оборудование для доения коров, оборудование для контроля количества и качества выдаиваемого молока, контроллер M4Use системы управления роботом. В машинном отделении также размещены все коммуникационные устройства, обеспечивающие связь доильного робота с танком-охладителем молока и офисом управления.

Рука-манипулятор 4 предназначена для преддоильной очистки сосков вымени и постановки (надевания на соски) доильных стаканов. Манипулятор имеет приводной механизм, соединяющий руку манипулятора с корпусом доильного бокса и обеспечивающий перемещение руки с держателем доильных стаканов в трех плоскостях. Держатель доильных стаканов закреплен в нижней части руки-манипулятора и оборудован системой обнаружения соска (TDS), четырьмя доильными стаканами, двумя щетками для преддоильной очистки сосков и распылителем антисептического DIP-средства, наносимого на соски по окончании доения. Система TDS обнаруживает соски коровы и дает сигнал приводному механизму для постановки доильных стаканов в правильное положение.

Панель управления X-Link 6 представляет собой пользовательский интерфейс доильного робота. Она отображает все команды и информацию, необходимую для эксплуатации и обслуживания робота. Панель оснащена сенсорным экраном и устанавливается в машинном отделении со стороны подвижной руки-манипулятора. При нормальной работе доильного робота панель X-Link отображает на экране статус робота и все выполняемые операции. Иногда на экране X-Link появляются всплывающие окна, которые информируют о возможных неполадках или запрашивают ответ оператора в ситуациях, когда робот не в состоянии самостоятельно принять решение.

Компрессор подает чистый и сухой воздух под давлением к исполнительным механизмам доильного робота. Он оснащен роторным нагнетателем воздуха, осушителем и ресивером. Компрессор должен устанавливаться в отапливаемом помещении с чистым незапыленным воздухом.

Робот Astronaut учитывает физиологические особенности каждого животного за счет использования нового пульсатора 4Effect, создаю-

щего оптимальный режим доения независимо для каждой четверти вымени.

Кроме того, доильный робот оснащен инновационной системой контроля качества молока MQC. Эта сенсорная система выполняет проверку цвета, электропроводимости и скорости потока молока, обеспечивая тем самым максимальный контроль его качества. Astronaut A4 может оснащаться улучшенной сенсорной системой MQC-C, которая позволяет в режиме on-line определять количество соматических клеток в молоке из каждой доли вымени.

Для эффективного менеджмента молочного стада система управления доильным роботом оснащена современной программой T4C, позволяющей отображать все данные о каждой корове на экране персонального компьютера в виде понятной и легкочитаемой графической информации, а также накапливать и сохранять их в течение длительного времени. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает оператора о сбоях в технологическом процессе. Эта система имеет функцию дистанционной диагностики и настройки, что облегчает работу сервисной службы и позволяет удаленно устранять некоторые проблемы в работе робота.

Каждая корова на ферме, оборудованной роботами Astronaut, носит ошейник с идентификационным транспондером. После входа коровы в доильный бокс и ее идентификации система проверяет время, истекшее с момента последнего доения этого животного. Если интервал времени слишком мал, то доение не будет производиться. В этом случае выпускные ворота сразу открываются и корова покидает бокс.

Если корова подлежит доению, то все последующие действия выполняются автоматически. Манипулятор размещается под выменем и вращающиеся щетки очищают и стимулируют соски. После очистки доильные стаканы автоматически подключаются к соскам коровы. Снятие доильных стаканов происходит индивидуально по мере того, как опорожняется каждая из четвертей вымени. После снятия последнего доильного стакана соски опрыскиваются специальным дезинфицирующим составом, открываются выпускные ворота и корова выходит из бокса. По окончании доения происходит промывка щеток и доильных стаканов дезинфицирующим средством.

Периодически (не менее 3 раз в день) робот автоматически переводится в режим глубокой очистки, в ходе которой вся система транспортирования молока, от доильных стаканов до танка-охладителя, промывается моюще-дезинфицирующими средствами.

Данные доильные установки имеют опцию – *взвешивающий помост* 5. На взвешивающем помосте расположены четыре датчика веса, по одному датчику в каждом углу весового помоста в боксе. Посредством этих датчиков вес коровы измеряется после доения. Вес коровы используется в качестве информации о ее состоянии и сохраняется в программеТ4С.

Фирма DeLaval применила инновационные технические решения в новой версии **доильного робота VMS** (рис. 4.10), которые направлены на совершенствование процесса подключения доильных стаканов к соскам вымени, сохранение здоровья коров, сокращение трудовых затрат на монтаж оборудования и снижение энергозатрат. Так, замена пневматического привода многофункциональной руки-манипулятора робота на гидравлический увеличила рабочую зону манипулятора на 18 %, что, в свою очередь, позволило обслуживать коров с большими отклонениями геометрических параметров сосков и вымени от стандартных значений. Кроме того, высокая надежность гидравлического привода позволяет значительно сократить затраты на его сервисное обслуживание.



Рис. 4.10. Общий вид доильного робота VMS фирмы DeLaval

Быстрый и точный поиск сосков обеспечивается за счет оптической камеры и двух лазерных устройств, совместное использование которых дает возможность в режиме реального времени получать точные сведения о геометрических параметрах сосков и вымени животного.

Усовершенствованное программное обеспечение позволяет выбирать наиболее подходящую схему поиска сосков для каждого отдельного животного, что особенно важно при доении коров со сложной формой вымени. Имеется функция «автоматическое изучение новых коров» – робот VMS самостоятельно определяет месторасположение

сосков у новых животных и сохраняет полученную информацию в собственной базе данных.

В схеме подготовки сосков вымени к доению применяется специальный стакан, который по очереди выполняет очистку теплой водой, стимулирование, сдаивание первых струек молока и сушку каждого соска.

Использование отдельного стакана для предварительной подготовки сосков к доению полностью исключает попадание остатков от первых струек молока и промывочной воды в молочную линию и далее – в молоко. Ополаскивание доильных стаканов внутри и снаружи перед доением каждой коровы и наличие нескольких режимов автоматической обработки сосков дезинфицирующим раствором после доения позволяет поддерживать гигиену коров стада на высоком уровне.

Встроенный навозный лоток и программируемая автоматическая мойка пола обеспечивают круглосуточное содержание установки в хорошем санитарном состоянии.

Основой обеспечения здоровья вымени животных является постоянный контроль с помощью четырех оптических датчиков (по одному на каждую четверть) выдаиваемого молока по следующим параметрам: уровень надоя, скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность молока и присутствие в нем крови. В дополнение к этому предлагается счетчик соматических клеток в потоке молока ОСС, который автоматически производит отбор пробы молока при каждой дойке, смешивает ее с контрольным реактивом и в течение одной минуты производит оценку каждой пробы.

Животные с повышенным содержанием соматических клеток в молоке регистрируются в отдельном журнале. Такой подход позволяет на ранней стадии обнаружить начальные признаки мастита и принять своевременные меры. Молоко с повышенным содержанием соматических клеток с включениями крови или получаемое от лечащихся антибиотиками коров отделяется от общего надоя и направляется в отдельную емкость или канализацию.

Система управления VMS осуществляет частотное регулирование производительности вакуумного насоса, что позволяет экономить до 60 % потребляемой им электроэнергии.

Фирма Fullwood представила на рынок доработанную конструкцию **робота Merlin** (рис. 4.11). Для идентификации животных фирма пред-

лагает использовать ножные транспондеры с расширенными функциональными возможностями (определяют еще и активность животных).

Данные с датчиков активности поступают в программу Crystal, которая позволяет своевременно выявлять животных, находящихся в состоянии половой охоты.



Рис. 4.11. Общий вид доильного робота Merlin фирмы Fullwood

Для контроля качества выдаиваемого молока робот Merlin оснащен датчиком BloodSensor (для определения крови в молоке) и сенсором FullQuest (для определения электропроводности молока), совместная работа которых позволяет перенаправлять несоответствующее стандартам качества молоко в отдельные емкости. В будущем планируется оснащать Merlin анализатором молока типа Fullexpert-IMA, позволяющим измерять во время доения содержание жира, белка и лактозы в молоке. Также анализатор сможет оценивать количество соматических клеток в молоке.

Доильные роботы фирм Insentec, S. A. Christensen (SAC) и BouMatic имеют общее концептуальное устройство (рис. 4.12–4.14). Их рука-манипулятор устанавливается вне доильного бокса и может обслуживать как один доильный бокс, так и два расположенных параллельно друг другу.



Рис. 4.12. Общий вид доильного робота Astrea фирмы Insentec

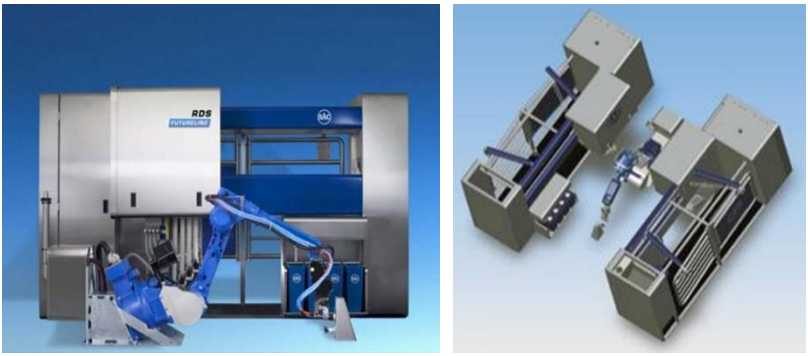


Рис. 4.13. Общий вид доильного робота FutureLine фирмы SAC



Рис. 4.14. Общий вид доильного робота ProFlex фирмы BouMatic

В качестве манипулятора все три фирмы используют хорошо зарекомендовавший себя индустриальный робот фирмы Idento, предназна-

ченный для работы в условиях с повышенными требованиями надежности.

Основное конструктивное отличие роботов MR-S1 и MR-D1 от всех предыдущих состоит в том, что рука-манипулятор расположена сзади коровы, а не сбоку (рис. 4.15).

Сам робот включает в себя машинное отделение, которое выполнено в виде офиса для работника, и располагается в задней части робота. Там же размещена и рука-манипулятор.



Рис. 4.15. Общий вид доильного робота MR-D1

Уникальной конструктивной особенностью однобоксового робота MR-S1 является наличие входных и выходных ворот с обеих сторон доильного бокса. Это дает возможность доступа животного к роботу с обеих сторон и позволяет использовать доильный бокс как селекционный: направлять животное в ту или иную секцию коровника на основании информации об этом животном в базе данных.

Компания GEA Farm Technologies предлагает новую концепцию построения доильного **робота MIone** (рис. 4.16), модульная конструкция которого позволяет расширять систему от одного до пяти доильных боксов.



Рис. 4.16. Общий вид доильного робота MIone в двухбоксовой комплектации

Для эффективного использования доильных боксов в роботе MIone применяется принцип предварительного отбора готовых к доению коров. Животные, распознанные компьютером как готовые к доению, направляются в преддоильную секцию ожидания доильного робота, а все остальные, т. е. еще не готовые к доению, возвращаются в основную секцию коровника. Это обеспечивает впуск в доильные боксы только готовых к доению коров, что повышает пропускную способность оборудования.

Позиционирование доильного модуля осуществляется с помощью манипулятора, который поочередно обслуживает все доильные боксы системы.

Для определения точных координат сосков используется трехмерная инфракрасная камера, которая распознает форму и расположение отдельных сосков вымени. Полученная камерой информация используется рукой-манипулятором для точного размещения модуля с доильными стаканами под отдельными сосками вымени. Доильные стаканы подключаются специальными кронштейнами модуля (по одному кронштейну на каждый стакан) с пневматическим приводом. После подключения доильных стаканов рука-манипулятор освобождается от захвата доильного модуля, возвращается в исходное положение и может использоваться для выполнения аналогичных операций в других доильных боксах.

Доильный модуль поддерживает каждый из стаканов как при подключении, так и во время доения. В случае спадания стакана он удерживается на кронштейне модуля, благодаря этому снявшиеся с сосков стаканы никогда не соприкасаются с полом.

После подключения доильных стаканов выполняются очистка сосков, сдаивание первых струек молока, преддоильная стимуляция и до-

ение с последующим снятием доильных стаканов. Во время очистки каждый сосок в течение 15 с очищается в доильном стакане водой и просушивается потоком воздуха. Затем происходит сдаивание первых струек молока, которое вместе с моющей водой удаляется из системы с помощью клапанного механизма.

В ходе доения молоко проверяется на электропроводность и на цвет, что позволяет распознавать и отделять молоко нестандартного качества (по каждой четверти вымени отдельно). Количество выдоенного молока определяется счетчиком DemaTron. Информация о продуктивности каждого животного и качестве производимого им молока передается в персональный компьютер.

При достижении порогового значения молокоотдачи в одной из долей система контроля потока молока, спустя установленное время ожидания, отключает подачу вакуума к соответствующему доильному стакану.

Для обеспечения гигиенических требований в системе выполняется три вида промывки BlackFlush:

– после каждого доения. Реализует промывку водой доильных стаканов непосредственно по окончании доения каждой коровы. Это поддерживает в чистоте доильное оборудование и уменьшает вероятность переноса инфекции между коровами;

– промежуточная в каждом из боксов – настраивается по времени, количеству выдоенных коров или после доения определенных, например больных, животных. Промежуточная промывка теплой водой осуществляется по отдельным боксам и длится около 4 мин. Интервалы между промежуточными промывками настраиваются индивидуально;

– системная выполняется не менее 2 раз в сутки. Системная промывка занимает в общей сложности 25 мин и включает в себя предварительную промывку теплой водой, основную – горячей водой с моющим средством, окончательную – ополаскивание теплой водой.

4.4. Особенности планировки животноводческих помещений при организации добровольного доения коров

В отличие от традиционных животноводческих помещений доильные роботы требуют иной организации технологического процесса производства молока с соответствующей планировкой коровника. Проекты коровников должны учитывать, что в соответствии с индивидуальным суточным режимом дня и физиологическими потребностями

животные совершают многократные перемещения по помещению (для доения – 3…5 раз в сутки, для кормления – в среднем 7 раз), и схема передвижения животных оказывает прямое влияние на надои и срок окупаемости финансовых затрат.

При выборе схемы передвижения животных необходимо учитывать: количество коров, способ кормления, финансовые возможности, стратегию распределения человеческого труда и конструктивные особенности коровников, в которых расположены роботизированные доильные системы.

Доильный робот работает с максимальной эффективностью, если коров доят несколько раз в день. Чтобы добиться максимальной эффективности от доильного робота, его размещают с животными в одном помещении, и он становится для них привычным объектом. В таком случае, коровы начинают заходить в доильный робот самостоятельно без участия человека.

При свободном движении (рис. 4.17) животные посещают доильный бокс под воздействием внутреннего давления молока в вымени и для получения дозы концентрированного корма. Коровы при этом имеют свободный доступ к зонам кормления, доения и отдыха. Такая форма организации движения животных очень часто используется в случае внедрения роботизированного доения в уже существующий коровник.

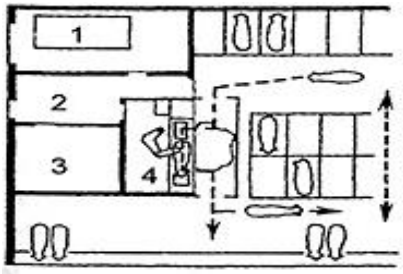


Рис. 4.17. Схема свободного движения коров:
1 – молочная; *2* – дополнительное оборудование;
3 – служебное помещение; *4* – доильный робот

Схема свободного перемещения коров наиболее эффективна там, где на одного робота приходится менее 60 животных, есть возможность активно подгонять их, принято решение давать большую часть

концентратов в роботе и где хорошо налажена система управления фермой.

Управляемое движение с возможностью последующего отбора животных после доения предполагает разделение стойлового помещения на зоны кормления и отдыха (рис. 4.18). Коровы могут попасть из зоны отдыха в зону кормления только через доильный робот. Этот путь они проделывают в среднем 5…10 раз в день.

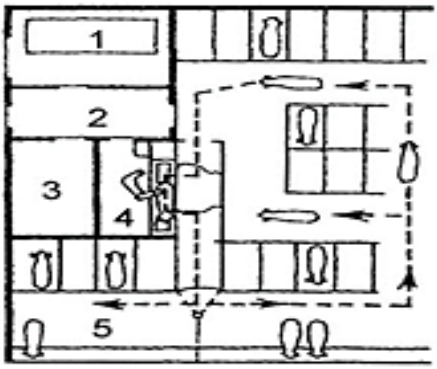


Рис. 4.18. Схема управляемого движения с возможностью последующего отбора животных:
1 – молочная; *2* – дополнительное оборудование; *3* – служебное помещение; *4* – доильный робот; *5* – зона для последующего отбора

Для предотвращения посещений доильных роботов коровами, доение которых в настоящий момент времени не требуется, используют сортировочные боксы. Когда животное проходит через сортировочный бокс, ее идентификационный номер считывается с RFID-метки и программное обеспечение доильного робота принимает решение: направлять данную корову в зону кормления или в преддоильную секцию. Наличие боксов для предварительного отбора животных также предотвращает стресс и агрессивное поведение отдельных животных в случаях, когда доильный робот недоступен, например промывается или проходит техническое обслуживание;

Управляемое движение с предварительным (до доения) и последующим отбором животных дает животному возможность перемещаться из зоны отдыха через бокс предварительного отбора в двух направлениях – в зону кормления или на преддоильную площадку доильного робота (рис. 4.19).

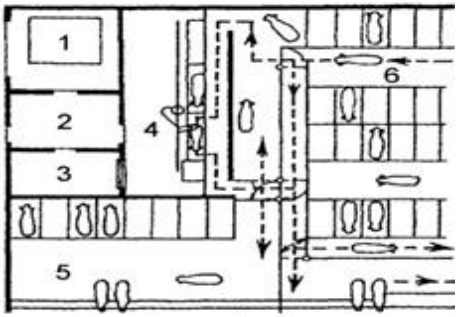


Рис. 4.19. Схема управляемого движения коров с предварительным и последующим отбором животных:
1 – молочная; *2* – дополнительное оборудование;
3 – служебное помещение; *4* – доильный робот;
5 – зона для последующего отбора;
6 – зона для предварительного отбора животных

Доильный бокс животное может покинуть в трех направлениях: в зону кормления, в отдельную секцию для больных животных или обратно на преддоильную площадку для совершения новой попытки доения.

При схеме направленного перемещения «сначала доение» животные получают доступ к кормам, лишь пройдя через станцию с роботом, при этом устанавливаются только одноходовые ворота (створки открываются только в одном направлении) и требуется меньше подгонять коров. Однако из-за того, что для кормления нужно обязательно пройти через доильный бокс, животные меньше едят. Проблема «холостых» посещений тоже не решается – их число сокращается, но они все равно случаются. Также достаточно много коров находится в зоне ожидания (на преддоильной площадке), поэтому данный вариант вызывает проблемы с коровами низкого ранга и не рекомендуется для секций с поголовьем более 50 животных.

Схема «сначала доение» относится к фермам, где большую часть концентратов коровы получают вместе с основным рационом на кормовом столе или через индивидуальные станции.

Схема «сначала кормление» обеспечивает животным доступ к кормам в любое время – коровы без допуска на доение не попадают в бокс, а значит, нет «холостых» проходов через робота, а активное передвижение животных обеспечивает регулярную дойку без трудозатрат.

В схеме используются *сортировочные боксы* с функцией идентификации животных. Система считывает номер коровы с транспондера на ошейнике или с ушной бирки и, в зависимости от того, сколько времени прошло с момента последнего доения, направляет животное в ту или иную зону. Система также регистрирует каждый проход через сортировочный бокс.

Сортировочный бокс (рис. 4.20) представляет собой автоматически действующий агрегат, предназначенный для сортировки коров и выделения из стада животных, нуждающихся в ветеринарных процедурах.

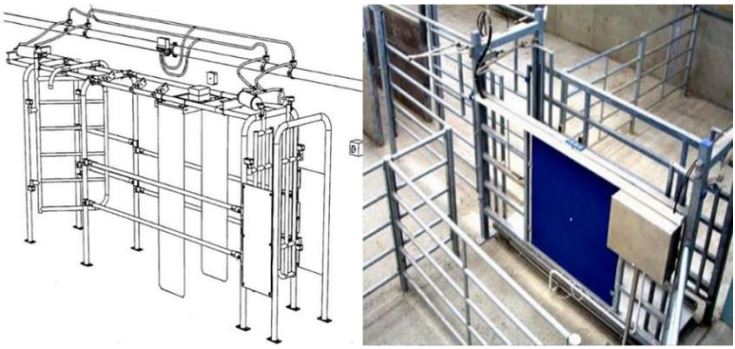


Рис. 4.20. Общий вид селекционного бокса

Сортировочный бокс представляет собой узкий проход со входными двухстворчатыми и выходными одностворчатыми воротами. Входные ворота обеспечивают впуск одиночных животных в бокс, а выходные – в зависимости от их положения, выпускают животное обратно в коровник или перенаправляют в санитарную секцию для последующего ветеринарного обслуживания.

Сортировочный бокс работает следующим образом. Входные ворота раскрываются и корова входит внутрь бокса, где с помощью RFID-считывателя производится ее идентификация, после чего принимается решение «отсекать» корову или нет. Если принято решение отделить корову, то контроллер бокса посредством подачи управляющего сигнала на электромагнитный вакуумный клапан устанавливает выпускные ворота в такое положение, при котором их створка перекрывает центральный проход и открывает животному вход в санитарную секцию.

Занятие и освобождение животным сортировочного бокса отслеживается тремя оптическими датчиками (рис. 4.21). После входа коровы в бокс входные ворота закрываются и остаются в таком положении до тех пор, пока животное не выйдет из бокса.

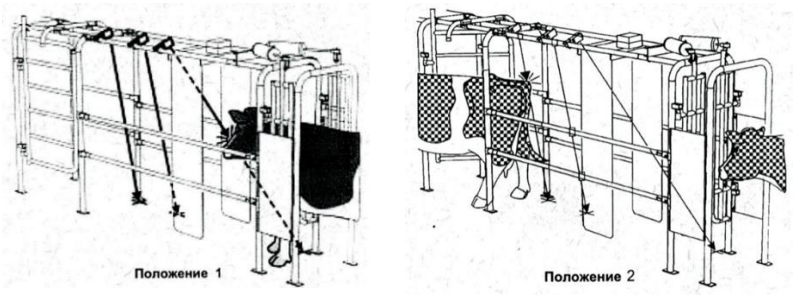


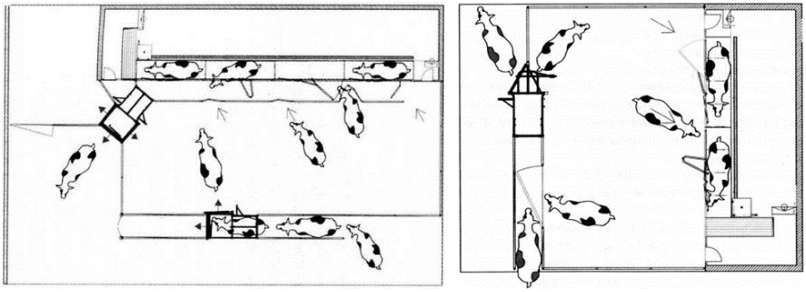
Рис. 4.21. Отслеживание положения коровы в селекционном боксе

Управление селекционным боксом происходит в автоматическом режиме, но если потребуется, то можно перейти на ручное управление. Для этого необходимо повернуть переключатель в положение управления в ручном режиме – входные ворота откроются, центральный выходной проход заблокируется и откроется боковой выход в сортировочный проход (в санитарную секцию).

Схема «сначала кормление» отлично зарекомендовала себя на фермах, где на одного робота приходится более 60 коров. Эта схема предусматривает, что 50 % концентратов животные будут получать во время доения, а на дойку придется подгонять не более 5 % коров.

Фирмы-изготовители нередко разрабатывают свои собственные схемы перемещения животных, полностью адаптированные к конструктивным и функциональным возможностям их доильных систем. Так, фирма GEA Farm Technologies применяет принцип селективного отбора животных. Для реализации этого принципа доильный центр комплектуется преддоильной секцией с предварительным и последующим отбором животных. Животные, распознанные компьютером как готовые к доению, направляются в преддоильную секцию, все остальные – в секцию для кормления. В результате к доильному роботу обеспечивается доступ только готовых к доению коров, что повышает его пропускную способность.

Фирма разработала два способа организации движения животных с использованием преддоильной секции: управляемое (Guided Exit) и свободное (Free Exit) (рис. 4.22).



а *б*

Рис. 4.22. Способы организации движения животных:
а – управляемое (Guided Exit); *б* – свободное (Free Exit)

В Guided Exit (см. рис. 4.22, *а*) перед входом в доильные боксы имеется переходная секция в виде узкого коридора, привод ворот которой согласован с приводом ворот доильных боксов. Животные, выходящие из доильного бокса, возвращаются непосредственно в секцию кормления. Преимущества управляемого движения животных: 1) выдоенные коровы не могут заново войти в доильный бокс и не встречаются в секции предварительного ожидания с животными, подлежащими доению; 2) преддоильная секция используется исключительно для коров, готовых к доению.

В Free Exit (см. рис. 4.22, *б*) переходная секция перед роботом отсутствует. Выдоенные животные через секции ожидания и предварительного отбора возвращаются в стойла.

Концепция планировки вновь строящегося коровника с использованием автоматической системы доения предусматривает наличие основного помещения, рассчитанного на размещение двух (лучше трех) групп коров лактационного периода, двух зон для сухостойных животных, родильных секций и секций для больных животных. Расстояние от наиболее удаленного бокса для отдыха животных и доильным роботом не должно превышать 40 м, так как при увеличении этого расстояния частота посещений доильного бокса коровами уменьшается. Площадь преддоильной секции (зоны ожидания животных перед

роботом) имеет большое значение для эффективного использования его производственных мощностей. Эта секция должна обеспечивать прием 10–15 % поголовья лактирующих коров в стаде (из расчета требуемой площади 1,25–1,50 м^2 на одно животное).

После доения животные должны перемещаться в зону кормления, так как каналы в сосках полностью закрываются только через 30–45 мин, поэтому для снижения вероятности проникновения инфекции в вымя животное в течение этого времени не должно лежать, т. е. не должно находиться в зоне отдыха. Расположение зон отдыха, доения и кормления должно быть компактным. Каждая группа коров должна достигать установки автоматизированного доения кратчайшим путем. Доильный робот в течение всего дня (за исключением времени его промывки и санитарной обработки) должен быть доступен для животных.

Таким образом, производительность системы обусловлена не только доильным оборудованием, но и схемой передвижения коров. В группах, где использовались схема «сначала кормление» и «сначала кормление с дополнительным сортировочным проходом», были отмечены положительные тенденции в уровне надоев и поведении коров. Уровень соматических клеток значительно ниже при реализации концепции «сначала кормление» или «сначала кормление с дополнительным сортировочным проходом», по сравнению со свободным перемещением.

4.5. Роботизированные установки для доения коров в доильных залах

Развитие автоматизированных систем доения идет в направлении создания роботизированных установок для доения коров в доильных залах (доение по графику).

Производительность доильных роботов для добровольного доения составляет 60…90 коров в сутки, чего явно недостаточно для крупных молочных комплексов. В условиях таких предприятий предпочтительнее организовывать доение коров по графику и осуществлять его в доильных залах на классических установках типов «Елочка», «Параллель» и «Карусель».

Автоматизированная карусель Dairy ProQ (рис. 4.23) рассчитана на стадо от 300 до 5 000 коров. Установка имеет высокую пропускную способность и способна выдаивать от 500 до 1 000 коров за час. Использование Dairy ProQ обеспечивает снижение потребности в кадрах

и дает возможность сократить фонд заработной платы за счет того, что для работы с ним нужен только один человек – дежурный администратор. Наряду с этим, процесс доения станет стабильнее, в сравнении с традиционной каруселью, где используется ручной труд.



Рис. 4.23. Автоматизированная карусель Dairy ProQ

Автоматизированный модуль Dairy ProQ фирмы GEA Farm Technologies стал первым в мире автоматизированный модулем, предназначенным для использования в доильных залах (рис. 4.24). Доильный модуль Dairy ProQ позволяет проводить автоматическое или полуавтоматическое доение коров. Он производит все процедуры, связанные с доением, включая очистку сосков вымени, сдаивание первых струек молока, непосредственно само доение и нанесение на соски дезинфицирующего средства по окончании доения.

Компактная конструкция доильного модуля позволяет устанавливать его в качестве разделителя станков в любой, уже имеющейся в хозяйстве, доильной установке («Карусель», «Тандем», «Елочка» или «Параллель»). Крупные молочные фермы могут использовать эту технику к полностью автоматическому доению, не изменяя при этом устоявшегося распорядка и технологи содержания молочного скота.



Рис. 4.24. Элементы автоматизированного
доильного модуля Dairy ProQ

Компания DeLaval предлагает автоматизированную доильную установку типа «Карусель» на 24 места. Установка оснащена пятью роботами. Целью применения данной техники является повышение производительности доильной установки до 1 700 корово-доек в день. При трехразовом доении автоматизированная **карусель AMR** может обслужить до 560 дойных коров (рис. 4.25). Новая система автоматизированного доения AMR (Automatic Milking Rotary) дала возможность увеличить время пребывания коров в стойлах до 13 ч в сутки.

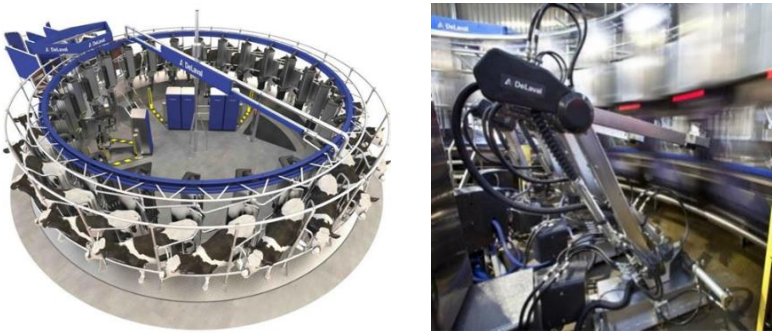


Рис. 4.25. Элементы автоматизированного доильного модуля AMR

Система AMR отличается от доильных роботов VMS (система добровольного доения) интеграцией в доильный зал типа «Карусель».

4.6. Факторы определения выбора роботов как систем доения

Выделим основные преимущества доильных роботов как отдельного направления в общей классификации способов содержания и доения коров:

– полная автоматизация процессов и минимальные трудозатраты для получения молока;

– обязательное качественное выполнение всех операций по подготовке животных к доению, а также санобработке вымени – это благотворно влияет на правильное развитие рефлекса молокоотдачи и снижает общий уровень заболеваемости маститом;

– индивидуальный режим доения для каждого соска, что обеспечивает максимально возможное в промышленных условиях щадящее доение и минимальный риск распространения инфекции;

– комфортное и бесстрессовое содержание коров, обусловленное рациональной компоновкой коровника и доильно-молочного блока;

– анализ качества молочного сырья с регистрацией его параметров во время доения поднимает на новый уровень возможности взаимодействия производителей и переработчиков молока;

– отделение первых струек молока, содержащих наибольшее количество бактериальной микрофлоры, способствует продлению срока пригодности молока.

Последние два преимущества, хотя и не вполне очевидны, поскольку технически могут быть реализованы в условиях станочных автоматизированных систем доения, все же пока остаются приоритетными для интегрирования в общую совокупность при роботизации процесса.

Использование доильных роботов для дойки коров физиологически обосновано и практически исключает затраты труда оператора.

Наряду с очевидным преимуществом автоматических доильных систем в процессе их эксплуатации обнаружен ряд проблемных моментов. Прежде всего, это их высокая стоимость. Цена робота, способного доить 50…70 коров, по разным источникам, колеблется от 80 до 250 тыс. евро и выше.

Инвестиции в одно ското-место на фермах с беспривязно-боксовым содержанием коров и автоматической доильной системой значительно выше, чем на фермах с традиционными доильными установками. Например, доильный робот расходует больше электроэнергии и воды. По сравнению с традиционными доильными залами перерасход может быть двух- и трехкратным в перерасчете на обслуживаемое поголовье.

Однако при оптимальных капиталовложениях и грамотной организации труда прибыль, получаемая при его применении, позволяет за несколько лет окупить установку.

Еще одна важная проблема при внедрении роботов – особый подход к дойному стаду. Прежде всего, необходима тщательная выбраковка коров по параметрам вымени в целом и сосков в частности. Наиболее часто коровы подходят к роботу утром. Число подходов отдельных животных весьма различно. В среднем при стойловом содержании на одну корову приходится 2,4…2,7 подхода к роботу, при пастбищном – 1,9 подхода. Продолжительность доения – до 8 мин. Длительность перерыва между доениями – в среднем 9,2 ч с колебаниями от 6 до 12 ч.

Применение доильных роботов требует иной организации технологического процесса производства молока с соответствующей планировкой коровника. При использовании автоматической системы доения проекты коровников должны учитывать, что в соответствии с индивидуальным суточным режимом дня и физиологическими потребностями животные совершают многократные перемещения по помещению (для доения – 3…5 раз в сутки, для кормления – в среднем 7 раз).

Производимые роботизированные комплексы для доения различаются по ряду показателей и, конечно, цене.

Цена роботов составляет порядка 100…120 тыс. евро в зависимости от комплектации. Для сравнения, обычная установка типа «Елочка» стоит 500…700 евро в расчете на одно ското-место, но на доение коров при ее применении отводится до 35 % рабочего времени, затрачиваемого на уход за животными.

При доении коров роботизированным комплексом, за счет индивидуального выдаивания каждой четверти вымени в соответствии с интенсивностью молокоотдачи, повышается содержание жира на 0,08…0,1 % и уменьшается количество соматических клеток до уровня менее 100 тыс. в 1 $см^3$.

Кроме того, в значительной степени снижаются затраты труда. Доильные роботы в основном высвобождают рабочее время человека. Его экономия, по сравнению с доильной установкой типа «Елочка», составляет от 10 до 50 %. Робот позволяет сэкономить почти 10 ч рабочего времени на 1 корову в год.

Для определения экономической целесообразности применения доильных роботов имеет значение уровень продуктивности стада. Так, по расчетам специалистов автоматическое доение на фермах с поголо-

вьем от 30 до 270 коров наиболее выгодно при среднем надое 8 600 кг молока на корову в год.

Экономический эффект от применения роботизированных систем доения коров, в сравнении с аналогичной по мощности фермой с доением в доильном зале, складывается:

– из сокращения инвестиционных затрат (не требуется строительство доильно-молочного блока);

– уменьшения затрат труда (обслуживающий персонал сокращается в 2 раза);

– увеличения молочной продуктивности (удой увеличился на 900 кг);

– повышения сортности молока (98 % получаемого молока имеет сорт экстра).

В результате обеспечивается уровень рентабельности при производстве молока не менее 25 %, период окупаемости затрат сокращается с 11 до 8 лет.

Применение многобоксовых доильных роботов позволило бы сократить затраты на их приобретение на 40 % по сравнению с однобоксовыми.

4.7. Системы управления стадом в молочном скотоводстве

Современные информационные технологии в молочном скотоводстве представляют собой гибкую систему, входящие в состав которой машины, средства контроля и менеджмента работают под управлением специальной программы в согласованном режиме, обеспечивая эффективное выполнение отдельной операции или процесса в целом.

Компания GEA Farm Technologies предлагает потребителям систему управления стадом *Dairy Management System 21*, которая включает в себя следующий комплекс программ различного направления:

– система управления стадом постоянно регистрирует в реальном времени индивидуальные данные каждого животного и важные показатели через подключенные к сети DPNet компоненты, передает их на центральный компьютер и анализирует с помощью программы Dairy Plan 21. Управление периферийными устройствами происходит автоматически в соответствии с потребностями животного и предприятия (например, стимуляция доения, обслуживание входных и выходных ворот и др.);

– DPVet – программа для ветеринарного и зоотехнического планирования, дает возможность устанавливать любые схемы вакцинаций, лечения, обработок, а система управления напомнит, когда и какой

корове требуется введение препарата. Данная функция позволяет не забыть о лечении и профилактике каждого животного;

– DPHerdStat и DPTableGraf обеспечивают точное измерение показателей выдоенного молока, различные графические анализы данных о животных;

– система DPMeasGraf с датчиками Rescounter служит для выявления коров в охоте (по изменению активности) для своевременного осеменения. Это дает возможность снизить межотельный период и затраты на осеменение;

– программа DPHerdStat выполняет анализ электропроводности молока для определения потенциально больных маститом животных (контроль состояния здоровья коров);

– DPSetup осуществляет автоматический расчет стимуляции перед доением и додаивания;

– управление выдачей концентратов в зависимости от продуктивности осуществляется программой DPFeed и автоматами по выпойке телят – DairyFeedJ;

– сравнение производительности разных смен доярок, эффективности работы осеменителей и качества семени, календарь воспроизводства осуществляют программы DPHerdStat и DPEvents;

– DPSystemView выполняет контроль и управление работой танка-охладителя молока;

– DPList составляет отчеты по расходу кормов и медикаментов;

– AutoSelect отвечает за автоматическую сортировку животных после доения по любым заданным пользователем критериям.

Для оптимизации общего процесса производства на молочно-товарных фермах компанией разработано новое программное обеспечение GEA DairyProView, позволяющее визуально отобразить все зоны предприятия и происходящие в них рабочие процессы: коровник, переходные галереи и прогоны, доильно-молочный блок.

Возможность обзора, основывающаяся на данных, получаемых в режиме реального времени, позволяет принимать более точные и эффективные решения, а также лучше управлять группами в стаде.

Программа GEA DairyPro-View работает в сочетании с инновационной системой GEA CowView, позволяющей определять местоположение животного и анализировать его поведение в режиме реального времени. CowViewLabel с помощью стационарных датчиков в коровнике отправляет информацию о месте нахождения животного и его активности по выбору на ноутбук, смартфон или ПК.

Таким образом, впервые появилась возможность проведения непрерывного анализа позиции и поведения каждой коровы в любой момент времени и без потерь исходных данных.

Информация о времени нахождения коровы в боксе, проходах, у кормового стола, пройденном ею в течение дня расстоянии позволяет с высокой долей вероятности судить о состоянии здоровья и точно определить время охоты каждого животного.

Наряду с регистрацией, контролем, обработкой данных и управление ими все большее значение приобретает интерактивный обмен информацией. Компания GEA Farm Technologies предлагает возможность мобильной записи данных через карманный ПК (DPMobile), что позволяет производить регистрацию событий в любом месте, минимизировать бумажную работу.

Компания DeLaval для молочных ферм с беспривязным содержанием коров предлагает систему управления **ALPRO**, которая эффективно организует ежедневные мероприятия и помогает планировать будущие.

Возможности системы управления ALPRO включают в себя:

– ежедневный обзор, сигналы об отклонениях, списки действий (список предупреждений, ежедневный календарь);

– контроль воспроизводства стада: список разведения, отчеты по воспроизводству (неоплодотворенные коровы), о случаях абортов, сухостойных коровах, ожидаемых датах отела, о коровах, требующих проверки на стельность, о нарушениях репродуктивных функций (репродуктивные проблемы);

– поддержание здоровья животных: сводки событий и заболеваний, отчет ветеринара, предполагаемые проблемы после отела, проверка здоровья, статус коровы, заметки по коровам, лечение, отчет о низкой активности, масса коров, содержание крови в молоке и его электропроводность;

– контроль молочной продуктивности: молочная продуктивность для стада, групп и индивидуальная по животным; отчет по низкопродуктивным коровам; история отгрузки молока;

– управление доением: характеристики доения, надои, поток молока, продолжительность; сигналы о соскальзывании доильных стаканов с сосков; сигналы о наличии воздушных пробок; график и отчет по эффективности программы доения в доильном зале; инциденты при доении, повторное присоединение, ручная регулировка, сброс, ручное

снятие подвесной части; проблемы с невыдоенными или дважды выдоенными коровами на текущий день; отчеты о работе оборудования и проверке молока стада;

– кормление: мониторинг потребления корма с возможностью подачи сигнала тревоги после 8, 24 и 72 ч; расчет изменений рациона для кормовых столов; изменение групп с проверкой режима кормления;

– контроль перемещения животных между группами: импорт / экспорт данных о корове, поступившей с другой фермы, использующей систему ALPRO; экспорт данных о коровах, выбывающих из стада; обмен данными с национальным реестром DHIA; двусторонний обмен данными с программой «Селэкс».

С учетом последних достижений компания DeLaval усовершенствовала систему управления молочными фермами с привязным содержанием животных DelPro Farm Manager (рис. 4.26), что дало возможность:

– проводить комплексный учет результатов работы операторов машинного доения;

– составлять ежедневные задания специалистам и вовремя напоминать о сроках выполнения основных технологических операций;

– предоставлять точную и достоверную информацию об удоях для расчета программы кормления в соответствии с продуктивностью животных;

– вести учет и предоставлять отчеты о здоровье каждого животного и всего стада.

Модернизированная система обладает интуитивным интерфейсом и включает в себя новые модули, позволяющие своевременно отслеживать и принимать правильные решения по всем технологическим операциям на фермах.

Для работы с DelPro Farm Manager потребуется ПК или портативный компьютер с сенсорным экраном. Для работы с доильным роботом VMS необходимо скачать приложение с программой и установить ее на смартфон.

Кроме того, в программу добавлен инструмент анализа DeLaval Herd Navigator, с помощью которого фермеры смогут получать развернутые отчеты, например, по визитам ветеринаров и плановым вакцинациям.



Рис. 4.26. Функциональная схема системы управления фермой DelPro Farm Manager

Наряду с уже известными продуктами и решениями компанией DeLaval предлагаются новые и усовершенствованные инструменты анализа исходной информации. Среди них **DeLaval VPR200** – инновационная информационная платформа, способная измерять и анализировать характеристики молочного оборудования и процессов доения. DeLaval VPR200 может измерять статическое и динамическое давление, пульсацию, тахометрию и проводить анализ операций доения.

Как показывают исследования DeLaval, с помощью VPR200 производители могут добиться увеличения надоев молока до 5,5 % и сокращения времени доения до 30 %.

Подобные системы управления стадом созданы и другими ведущими зарубежными производителями доильного оборудования. Так, фирма BouMatic для работы с доильными залами выпускает систему интегрированного управления стадом **Pro Vantage TM**, которая позволяет получать информацию о молочной продуктивности и физиологическом состоянии животных, воспроизводстве стада, правильности выполнения операций и эффективности работы обслуживающего персонала, ходе выполнения процессов доения и промывки оборудования, эффективности работы доильного зала в целом.

Использование персонального компьютера расширяет возможности управления стадом, объединяя всю информацию о животных (надой, электропроводность молока, данные об активности животных и т. д.) и параметрах работы доильного зала (время и режимы доения и т. д.).

Компания Dairymaster предлагает для управления автоматизированным доильным залом компьютерную программу **Dairymaster Milk Manager**, которая позволяет накапливать и предоставлять полную информацию о доении и кормлении животных, физиологическом состоянии животных и т. д.

Кроме того, компанией разработана и специальная программа **Dairymaster Farm Messenger**, с помощью которой фермер может поддерживать связь с доильным залом со своего мобильного телефона. Обмен информацией происходит посредством текстовых сообщений, посылаемых фермером на центральный компьютер с этой программой. Эта инновационная разработка позволяет фермеру вносить изменения в систему управления доильным залом, находясь за пределами фермы.

Управляющая система фирмы S. A. Christensen построена на платформе персонального компьютера, который с помощью автоматической системы идентификации животных контролирует потребление корма каждой коровой, ее температуру, надои, массу тела, активность и многое другое. Все получаемые сведения отображаются на мониторе в виде наглядных графических изображений. При необходимости полученные данные могут быть отправлены с использованием интернета консультанту, ветеринарному врачу и др.

Контроль активности животных и их масса являются одним из важнейших индикаторов состояния здоровья животных и необходимым инструментом менеджмента молочного стада. В связи с этим представляет интерес система мониторинга состояния здоровья жвачных животных **Rumi Watch** фирмы ITIN+HOCH (Швейцария).

Система RumiWatch быстро отслеживает изменения в поведении животных при пережевывании жвачки, поедании кормов, потреблении воды, передвижении и отдыхе. Передача информации на компьютер происходит беспроводным способом. Низкая энергоемкость системы позволяет эксплуатировать ее с одним набором батарей до двух лет.

Система включает в себя два датчика, закрепленные на каждом животном (на хомуте и ноге коровы), и специальную компьютерную программу. Rumi Watch обеспечивает постоянное и эффективное наблюдение за важными параметрами состояния здоровья каждого животного в отдельности. Так, достоверно установленное снижение количества

жевательных движений за определенный период времени свидетельствует о нарушениях в работе органов пищеварения коровы или ошибках в подборе рациона кормления. Система позволяет животноводам, консультантам и ветеринарам делать быстрые и компетентные выводы о состоянии здоровья животного и может использоваться в качестве вспомогательного инструмента при принятии решений.

Для контроля за состоянием здоровья животных, помимо всего прочего, необходимо иметь сведения о динамике массы каждого животного (уменьшение массы служит одним из симптомов заболевания животного). Фирма Hölscher+Leuschner (Германия) разработала прибор **optiCOW** для измерения и взвешивания коров. Животные с помощью устройства коротковолнового инфракрасного излучения индивидуально опознаются в специальном проходном загоне, снимаются на трехмерную камеру и автоматически взвешиваются. Математико-статистическая аналитическая программа создает трехмерную модель задней части животного и по полученным данным рассчитывает индекс физического состояния коровы BCS (Body Condition Score).

Эта обрабатывающая изображения программа позволяет получать объективную информацию о динамике массы каждой коровы в течение всего периода лактации и может целенаправленно управлять продуктивностью коров внося коррективы в рацион кормления и условия содержания.

Одним из приоритетных направлений развития информационных систем является использование самого животного в качестве источника необходимой информации для оценки состояния его здоровья. Фирма BouMatic предлагает потребителям автоматическое устройство **StepMetrix** (рис. 4.27), которое позволяет проводить раннее распознавание скрытых проблем с копытами у животных путем исследования их передвижения.

При прохождении животного по платформе проходного бокса StepMetrix измеряется воздействие конечностей животного на его поверхность с помощью установленных под полом датчиков с последующей передачей полученных данных в процессор SMXStepAnalyzer.

С помощью этого процессора и аналитического устройства SMXInterpreter выполняется анализ переданных сведений, результаты которого позволяют оценить поведение дойных коров при ходьбе. Оценка полученных результатов осуществляется исходя из того, что шаговая схема движения является в достаточной степени индивидуальной для каждого животного. Поэтому любые отклонения в движе-

нии коровы от зафиксированных ранее перемещений будут свидетельствовать о возникновении проблем со здоровьем.



Рис. 4.27. Схема автоматического устройства StepMetrix

Главным достоинством устройства StepMetrix является то, что оно в автоматическом режиме ежедневно проводит мониторинг состояния здоровья животных. При этом собранная информация сохраняется в компьютере и может быть позднее использована для дальнейших исследований.

Современный уровень развития информационных технологий позволяет автоматизировать выполнение таких сложных технологических процессов, каким является доение коров со всеми входящими в него технологическими операциями. Последняя версия **MR-D1** фирмы BouMatic представляет собой компактный модуль. Каждая корова, входящая в пространство робототехнической системы, распознается системой управления, которая регистрирует дату, время, продолжительность процесса доения и другие индивидуальные сведения, а также всю информацию о производстве и качестве молока по всему стаду.

Система управления контролирует также уровень вакуума в системе для обеспечения оптимальных режимов доения, обеспечивает раздельное доение каждой четверти вымени с автоматической дезинфекцией сосков после доения. Молоко, не соответствующее стандарту качества, отделяется от общего удоя и направляется в один из четырех сборников. При этом в систему управления передается информация обо всех животных, молоко которых имеет отклонения от стандарта качества с регистрацией их в специальном журнале. При необходимости эти данные могут быть отправлены на смартфон или iPad, что поз-

воляет обслуживающему персоналу своевременно принять соответствующие меры для устранения возникших проблем.

Для эффективного управления молочным стадом система управления доильного робота оснащена усовершенствованным программным обеспечением T4C, которое позволяет в режиме реального времени отображать данные о каждой корове на экране компьютера в виде графической информации, а также накапливать и сохранять их. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает оператора о сбоях в технологическом процессе. Кроме того, она реализует функцию дистанционного управления работой доильного робота. Это, помимо всего, облегчает и работу сервисной службы потому, что некоторые проблемы в работе робота могут быть решены путем дистанционной диагностики. Для контроля работы робота на месте он оснащается системой управления с сенсорным экраном X-LINK.

При установке дополнительного модуля динамического кормления (DLM) система управления робота получает возможность автоматически определять экономически целесообразную норму выдачи корма каждой корове исходя из результата решения компромиссной задачи «затраты – прибыль».

Фирма DeLaval, в свою очередь, обновила программное обеспечение и оптимизировала процесс надевания доильных аппаратов и их снятия с сосков вымени коров в роботизированной доильной установке VMS.

Основой обеспечения здоровья вымени животных является постоянный контроль с помощью четырех оптических датчиков (по одному на каждую четверть) выдаиваемого из каждой четверти молока по следующим параметрам: уровень надоя, скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность молока и содержание крови в нем. Дополнительно предлагается инновационная разработка – счетчик соматических клеток в потоке молока OCC, который автоматически производит отбор пробы молока при каждой дойке, смешивает ее с контрольным реактивом и в течение одной минуты совместно с центральным компьютером производит оценку каждой пробы. Животные с повышенным содержанием соматических клеток в молоке регистрируются в отдельном журнале. Комплексное использование предлагаемого аппаратурного оснащения для диагностики здоровья вымени животных позволяет на ранней стадии обнаружить начальные признаки мастита и принять своевременные меры. Молоко с повышенным со-

держанием соматических клеток, крови или при лечении коров антибиотиками направляется в одну из трех дополнительных емкостей или дренажный канал.

Взаимодействие всех блоков VMS между собой и реализация поставленных задач осуществляется системой управления, оснащенной компьютерной программой VMS Management. Основная рабочая панель программы «Мониторинг коров» в режиме реального времени отображает коров, на которых следует обратить внимание в первую очередь.

Программа позволяет оптимизировать интервалы между доениями благодаря наличию функции автоматической настройки разрешений на доение. При этом информационной базой для работы автоматической настройки являются сведения о прогнозируемом уровне надоя, порядковом номере и стадии лактации каждой коровы.

Система управления VMS контролирует также и работу вакуумного насоса, благодаря чему его производительность строго соответствует требуемому вакууму в данный момент времени. Использование такого решения позволяет экономить до 60 % от расходуемой ранее электроэнергии без регулирования производительности вакуумного насоса.

4.8. Оптимизация линии машинного доения коров

Соблюдение правил техники доения коров способствует получению максимального удоя. Весь процесс доения коровы условно делится на три этапа:

– подготовительные операции, включают обмывание вымени, вытирание его, сдаивание первых струек, массаж. При этом обмывание, обтирание и массаж вымени должны длиться не более 35...40 с. Сдаивание первых струек молока из каждого соска проводится в течение 8...12 с. Все подготовительные операции, во взаимосвязи с индивидуальными особенностями коровы, длятся не более 30...60 с;

– собственно машинное доение. Длительность доения коров бывает разной, так как отличается квалификацией доярок, конфигурацией помещения, где происходит доение, и другими причинами, не дающими возможности организовать доение в соответствии с инструкцией. Но, как правило, продолжительность дойки одной коровы должна быть не более 7 мин. Передержка доильных трехтактных аппаратов не должна превышать 2 мин, а двухтактных – 1 мин. Более длительное доение вызывает раздражение цистерн сосков и вымени, их воспаление;

– заключительные операции, включают заключительный массаж и машинный додой, отключение аппарата. Заключительный массаж и додой (в течение 15...20 с) производят с целью извлечения последних, наиболее жирных доз молока из верхних отделов вымени.

Кроме указанных операций, проводимых оператором с коровой, крайне необходимо начинать процесс с оценки состояния рабочего вакуума, исправности доильных аппаратов или других устройств доения.

Обычно коров доят 2...3 раза в день, высокопродуктивных и новотельных 3...4 раза. Перед запуском число доений постепенно сокращают. При сокращении количества доений с трех до двух затраты труда снижаются на 25...30 %.

При проектировании технологического процесса доения коров необходимо определить тип доильной установки и общее количество доильных аппаратов, необходимых для доения животных, а также загрузку доильной установки и показатели производительности операторов.

Подбор доильной установки для конкретных условий состоит в выборе *типа доильного аппарата* (двухтактного, трехтактного или специального), применяемого для стада и самой установки, соответствующей условиям содержания.

Доильные агрегаты выбирают в зависимости от системы содержания коров:

– при привязном применяют преимущественно линейные доильные установки;

– при боксовом, комбибоксовом и беспривязном – «Елочка», «Карусель» и др.;

– на пастбищах используют передвижные установки. В стационарных лагерях могут быть использованы и доильные установки, предназначенные для доильных залов;

– на малых фермах используют установки АИД-1, АИД-2.

Количество надаиваемого в сутки молока определяется по формуле

$$G_{\text{с}} = G_{\text{м}} m_{\text{ж}} \beta_{\text{м}}, \qquad (4.1)$$

где $G_{\text{м}}$ – разовое количество молока, получаемое от животных, кг;

$m_{\text{ж}}$ – количество животных, гол.;

$\beta_{\text{м}}$ – коэффициент неравномерности поступления молока в течение суток.

Производительность поточной линии в данном случае должна обработать определенное количество молока в единицу времени:

$$Q_{\text{рс}} = \frac{G_{\text{с}}}{T_{\text{ср}}}, \tag{4.2}$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее время доения одной коровы, мин,

$$T_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{маш}} + t_{\text{рр}}}{n_{\text{ж}}}, \tag{4.3}$$

где $t_{\text{маш}}$ – среднее машинное время доения одной коровы, мин;

$t_{\text{рр}}$ – суммарное время ручных операций, мин.

Время $t_{\text{рр}}$ зависит от типа доильной установки, принятой на ферме организации труда и квалификации операторов:

$$t_{\text{рр}} = \frac{t_{\text{пк}} + t_{\text{ст}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{I}} + t_{\text{зо}}}{2}, \tag{4.4}$$

где $t_{\text{пк}}$ – время подготовки, с;

$t_{\text{ст}}$ – время постановки доильных стаканов, с;

$t_{\text{п}}$ – время короткого перехода, с;

$t_{\text{п}}^{\text{I}}$ – время большого перехода, с;

$t_{\text{зо}}$ – время заключительных операций, с.

В целом время на выполнение ручных операций зависит от типа доильной установки. При доении в ведра $t_{\text{рр}}$ = 180...240 с, в молокопровод $t_{\text{рр}}$ = 120...180 с, при использовании установки «Елочка» $t_{\text{рр}}$ = 50...60 с.

Определим ритм потока, которому должны удовлетворять все звенья поточной линии машинного доения коров,

$$R = \frac{1}{Q_{\text{рс}}}. \tag{4.5}$$

Число доильных аппаратов

$$Z_{\text{ап}} = \frac{Q_{\text{рс}}}{Q_{\text{д}}\eta}, \tag{4.6}$$

где $Q_{\text{д}}$ – производительность доильной установки, кг/мин;

η – коэффициент использования рабочего времени машины.

Количество доильных аппаратов, потребное для обслуживания всего стада,

$$Z_{ап} = m_ж t_{маш} / T_д, \quad (4.7)$$

где $m_ж$ – число коров на ферме, гол.;

$t_{маш}$ – среднее время доения одной коровы, мин;

$T_д$ – продолжительность доения всего стада, мин.

При получении дробного числа доильных аппаратов, полученное значение округляем в меньшую сторону.

Расчетная производительность доильной установки определяется по формуле

$$Q_д = \frac{G_с}{T_д}. \quad (4.8)$$

Определив требуемую производительность линии доения, выбираем тип доильной установки и определяем их количество:

$$Q_{ду} = Q_д / Q_{дч}, \quad (4.9)$$

где $Q_{дч}$ – часовая производительность доильной установки, кг/мин.

Чтобы правильно организовать машинное доение коров, определяют количество обслуживающего персонала:

$$m_{обс} = \frac{m_ж^0 t_{рр}}{T_з}, \quad (4.10)$$

где $m_ж^0$ – поголовье коров на ферме с учетом планового развития;

$t_{рр}$ – время ручного труда на одну корову (1...4 мин);

$T_З$ – допустимое время доения и обработки молока, мин.

Продолжительность доения стада дояркой определяют по формуле

$$T_д = t_{рр} m_ж. \quad (4.11)$$

Число аппаратов, необходимое одной доярке, рассчитывают по формуле

$$Z_{ап} = \frac{T_З + t_п}{t_{рр} + t_п}, \quad (4.12)$$

где $t_п$ – длительность перехода доярки к соседней корове, мин.

Число станков (аппаратов), которое должна обслужить каждая доярка, определяют по формуле

$$Z_{\text{ап}} = \frac{T_{\text{З}}}{t_{\text{рр}} + t_{\text{п}}}. \qquad (4.13)$$

Определив тип и выбрав марку доильной установки, необходимо выбрать оборудование для технологической линии первичной обработки молока.

Максимальная производительность линии первичной обработки молока:

$$Q_{\text{птл}} = \frac{m_{\text{ж}} G_{\text{г}} \beta_{\text{м}} \beta_{\text{мс}}}{365 К_{\text{д}} T_{\text{д}}}, \qquad (4.14)$$

где $G_{\text{г}}$ – среднегодовой удой на корову (продуктивность), кг;

$\beta_{\text{м}}$ – коэффициент годовой неравномерности поступления молока, $\beta_{\text{м}}$ = 1,2...1,3;

$\beta_{\text{мс}}$ – коэффициент суточной неравномерности поступления молока: при двукратной дойке, $\beta_{\text{мс}}$ = 1,8...3,0, при трехкратной дойке, $\beta_{\text{мс}}$ = 1,2...1.8;

$К_{\text{д}}$ – кратность доения, $К_{\text{д}}$ = 2...3.

Нельзя допускать попеременного доения коров то трехактным, то двухтактным аппаратами, применять несовершенные или неправильно работающие и имеющие большой износ доильные машины, скомплектованные из разных типов доильных установок, переделывать трехтактные аппараты на двухтактный режим работы в условиях молочных комплексов и ферм. Это ведет к увеличению числа коров, которые подвергаются заболеванием мастита.

4.9. Оптимизация линии первичной обработки молока

Так как молоко является скоропортящимся продуктом, то в целях сохранения его в свежем виде, молоко подвергают первичной обработке непосредственно на фермах. Эта обработка включает следующие технологические операции: фильтрование, охлаждение и хранение, в некоторых случаях к ним добавляются пастеризация, сепарирование и нормализация.

На рис. 4.28 показан один из возможных вариантов технологической схемы первичной обработки молока.

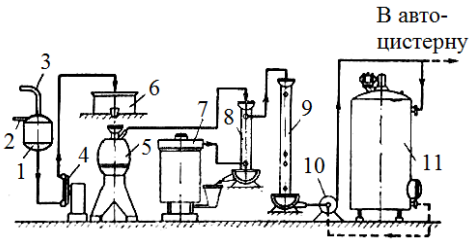


Рис. 4.28. Технологическая схема первичной обработки молока:
1 – бачок-воздухоотделитель; *2* – молокопровод; *3* – вакуум-провод; *4* – молочный насос; *5* – сепаратор-молокоочиститель; *6* – промежуточная емкость; *7* – пастеризатор; *8* – регенеративный теплообменник; *9* – двухсекционный охладитель молока; *10* – насос; *11* – танк для сбора молока

Из схемы видно, что молоко из молокопровода проходит промежуточный бачок – воздухоотделитель, далее насосом перекачивается на очиститель-охладитель, из которого поступает в танк для хранения и глубокого охлаждения.

Очистка молока от механических примесей (остатки подстилки, частицы корма, волос и т. п.) производится фильтрами и центробежными молокоочистителями.

Нормализация молока по содержанию жира предусматривает получение продукта с заданной жирностью. На фермах нормализация производится путем сепарирования.

Свежевыдоенное молоко обладает бактерицидными свойствами, которые сохраняются определенное время. Понижая температуру молока, увеличиваем срок действия его бактерицидных свойств. У свежего неохлажденного молока при t = 30 °С бактерицидная фаза равна 3 ч, при снижении температуры до 16 °С – 76 ч, до 10...13 °С – 36 ч, до 4...5 °С – жизнедеятельность бактерий практически прекращается.

Получение в условиях хозяйств молока наивысшего сорта является одним из наиболее важных условий рентабельности его производства. Отсюда понятно, насколько важна первичная обработка и охлаждение молока в условиях хозяйств.

Первичная обработка молока включает в себя следующие технологические операции: очистка молока от механических примесей, охлаждение, хранение, а в отдельных случаях еще сепарирование и пастеризацию.

После первичной обработки молоко должно отвечать следующим условиям:

– содержание механических примесей не должно превышать нормы для конкретного сорта молока: степень чистоты по эталону соответственно I – для первого сорта и II, III – для второго сорта и несортового молока;

– охлаждение молока сразу после дойки до температуры 4…6 °С.

Первая операция после дойки – *очистка молока*. Для более тонкой очистки молока после дойки применяют центробежные молокоочистители в которых более тяжелые составляющие перемещаются к периферии вращающегося ротора в поле центробежных сил, а более легкие – вытесняются ими к центру (рис. 4.29).

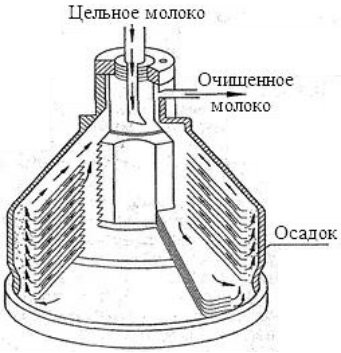


Рис. 4.29. Технологическая схема
рабочего процесса сепаратора-очистителя

Пропускную способность центробежного очистителя определяют по формуле

$$Q_{\text{ц.о}} = Q_{\text{max ч}} = z_{\text{т}} R_{\text{мин}}^2 n_{\text{б}}^2 B_0^2 d_{\text{ш}} \frac{\Delta\rho}{\mu} \cos\alpha, \qquad (4.15)$$

где $z_{\text{т}}$ – число тарелок очистительного барабана, шт.;

$R_{\text{мин}}$ – минимальный радиус тарелки, м;

$n_{\text{б}}$ – частота вращения барабана, об/мин;

B_0 – расстояние между тарелками барабана, м;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр жирового шарика, мкм;

$\Delta\rho$ – разность плотностей частицы и плазмы молока, кг/м^3;

μ – коэффициент динамической вязкости молока, кг/м · с;

α – угол наклона образующей тарелки, рад.

Выбирают число молокоочистителей в зависимости от часовой производительности поточной линии:

$$П_{ц.о} = \frac{Q_{птл}}{Q_{ц.о}}, \quad (4.16)$$

где $Q_{птл}$ – производительность поточной линии, кг/с.

Далее определяется длительность непрерывной работы сепаратора-очистителя. Она должна обеспечить обработку молока в течение одного времени доения $T_д$ без разборки сепаратора:

$$T_о = \frac{100V_{гр}}{T_д P}, \quad (4.17)$$

где $V_{гр}$ – объем грязевого пространства барабана, м^3;

P – процент отложения сепараторной слизи от общего объема очищенного молока, P = 0,03...0,06 %.

Если $T_о > T_д$, то в технологическую линию устанавливают магистральный фильтр, уменьшающий загрязнение молока.

Для охлаждения и хранения молока на животноводческих фермах и комплексах используются холодильные установки. Они представляют собой емкости из нержавеющей стали, внутри которых находится охлаждаемое молоко. Снаружи емкость имеет герметичную обшивку и термоизолирующую рубашку. Между емкостью и обшивкой перетекает хладагент или хладоноситель, который отбирает тепло у молока, перемешиваемого в емкости специальной мешалкой (рис. 4.30).

Холодильную установку выбирают по наибольшей суточной потребности в холоде

$$Q_{сут} = Q_1 + Q_2, \quad (4.18)$$

где Q_1 – количество холода для охлаждения продукта до температуры хранения, кДж;

Q_2 – количество холода для поддержания постоянной температуры при хранении, кДж.

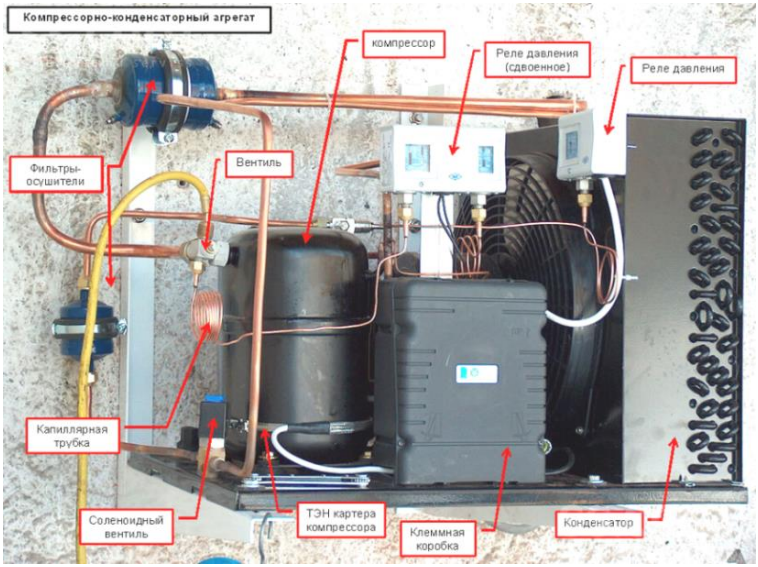


Рис. 4.30. Схема холодильной установки

Количество холода для охлаждения продукта до температуры хранения

$$Q_1 = q_{\text{сут}} c\left(t_{\text{н}} - t_{\text{к}}\right), \tag{4.19}$$

где $q_{\text{сут}}$ – суточный надой молока, кг.

Количество холода для поддержания постоянной температуры при хранении

$$Q_2 = 24\sum \text{K}F_{\text{тепл}}\Delta t_{\text{к}}, \tag{4.20}$$

где К – коэффициент теплоотдачи;

$F_{\text{тепл}}$ – поверхность теплообмена, м^2;

$\Delta t_{\text{к}}$ – разность температур между средами, находящимися в условиях теплообмена, °С.

Расчетная тепловая мощность холодильной машины

$$Q_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{t_{\text{нас}}}. \tag{4.21}$$

Тепловая мощность холодильной установки

$$Q = Vq_{\text{о}}\,, \tag{4.22}$$

где V – объемная подача компрессора установки, м^3/ч;

$q_{\text{о}}$ – объемная тепловая мощность, кДж/м^3.

Количество циркулирующего рассола вычисляют по формуле

$$V_{\text{рас}} = \frac{Q_{\text{рас}}}{c_{\text{р}}\rho_{\text{р}}t_{\text{к}}}\,, \tag{4.23}$$

где $c_{\text{р}}$ – удельная теплоемкость рассола, Дж/(кг · °С);

$\rho_{\text{р}}$ – плотность рассола, кг/м^3;

$t_{\text{к}}$ – конечная разность температур молока и рассола, °С.

Для охлаждения и временного хранения молока в хозяйствах применение находят танки-охладители молока вместимостью 1 200, 1 600 и 2 000 л. Они оснащены автономными холодильными агрегатами.

Пастеризация молока. Молоко, поставляемое потребителям, пастеризуют, чтобы избежать возникновения эпизоотии. В поточных технологических линиях обработки его сначала регенерируют, а затем пастеризуют. Регенераторы позволяют повысить производительность пастеризатора, сократить расход пара на пастеризацию и уменьшить размеры охладителя.

Наибольшее распространение при обработке молока получили термические пастеризаторы, которые *по режиму работы* подразделяются на три типа:

– аппараты длительной пастеризации молока, в которых нагрев осуществляется до 63...65 °С с выдержкой при этой температуре в течение 30 мин. Длительная пастеризация оказывает наибольшее воздействие на физико-механические свойства молока, но обеспечивает надежное уничтожение всех видов микроорганизмов за исключением термостойких бактерий;

– аппараты кратковременной пастеризации, в которых нагревание молока производится в тонком слое до температуры (76 ± 2) °С с выдержкой в течение 20 с;

– аппараты мгновенной пастеризации, в которых молоко в течение нескольких секунд нагревается до температуры 85...87 °С без его дальнейшей выдержки.

Ванна пастеризационная (рис. 4.31) состоит из выполненного из нержавеющей стали внутреннего резервуара, заключенного в двустен-

ный наружный корпус. Под внутренним резервуаром размещено паровое устройство, к выводному патрубку которого присоединяется коллектор. Патрубок для слива воды из межстенного пространства выведен вниз и присоединен к запорному вентилю.

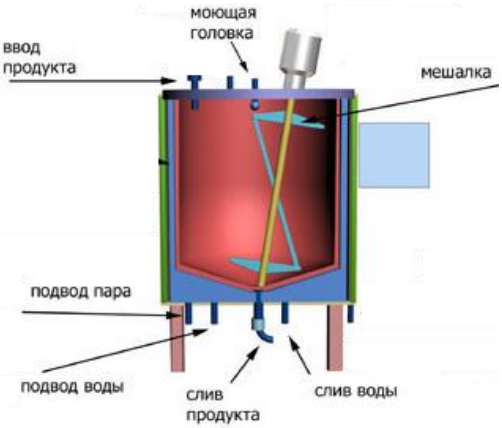


Рис. 4.31. Схема ванны длительной пастеризации

Нагрев воды в теплообменной рубашке может производиться электрическим нагревателем ТЭНом, расположенным в пространстве между наружной и внутренней ваннами – водяной рубашке. Слив готового продукта производится через молочный кран.

Перемешивание продукта осуществляется мешалками различных типов, вращающихся от мотор-редуктора, закрепленного на плите.

Тепловая производительность пастеризатора определяется по формуле

$$\theta = Fk_{т}\Delta t_{ср} = Q_{охл}C_{м}(t_{к} - t_{н}), \qquad (4.24)$$

где F – площадь поверхности нагрева, м^2;

$k_{т}$ – коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2 · °С);

$\Delta t_{ср}$ – логарифмическая разность температур между паром в рубашке и продуктом, °С.

Рабочая поверхность парового пастеризатора типа ОПД-1М (целесообразно применять на поточных линиях с производительностью до 0,5 кг/с)

$$F = \frac{2,3 q_{\text{р}} c}{k_{\text{п}}} \lg \frac{t_{\text{пар}} - t_{\text{хол}}}{t_{\text{пар}} - t_{\text{п}}}, \qquad (4.25)$$

где $k_{\text{п}}$ – общий коэффициент теплопередачи пастеризатора, Вт/(м^2 · °С);

$t_{\text{пар}}$ – температура пара, °С;

$t_{\text{п}}$ – температура молока после пастеризации, °С.

Расход пара на пастеризацию определяют по формуле

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\text{М}_{\text{д}} C_{\text{м}} (t_{\text{паст}} - t_{\text{н}})}{(C_{\text{ж}} + t_{\text{пар}} \chi - t_{\text{конд}}) \eta}, \qquad (4.26)$$

где $\text{М}_{\text{д}}$ – количество молока, подлежащего обработке кг;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура пастеризуемого молока, °С;

$C_{\text{ж}}$ – теплосодержание жидкости, ккал/кг;

$t_{\text{пар}}$ – скрытая теплота парообразования, ккал/кг;

χ – степень сухости пара;

$t_{\text{конд}}$ – температура конденсата (берут по опытным данным), °С;

η – тепловой КПД аппарата.

Регенеративный теплообмен (теплообменник) используют при параллельном соединении пастеризаторов с охладителями с целью сокращения расхода тепла, холода и размеров пастеризационно-охладительной аппаратуры. Молоко, поступающее в пастеризатор из охладителя, подогревают за счет тепла пастеризованного молока, которое противопоточно направляется во внутренней полости охладителя, приспособленного под регенератор тепла (рис. 4.32).

Регенераторы дают до 45 % экономии тепла и холода, поэтому применение пастеризатора без регенераторов недопустимо.

Рабочую поверхность регенератора определяют по формуле

$$F_{\text{рег}} = \frac{\text{М}_{\text{д}} C_{\text{м}} E_{\text{рег}}}{t_{\text{рег}} (1 - E_{\text{рег}})}, \qquad (4.27)$$

где $E_{\text{рег}}$ – коэффициент регенерации;

$t_{\text{рег}}$ – температура регенерации, °С.

Коэффициент и температуру регенерации определяют по формулам

$$E_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{охл}} C_{\text{м}} (t_{\text{р}} - t_{\text{х}})}{Q_{\text{охл}} C_{\text{м}} (t_{\text{паст}} - t_{\text{х}})}; \qquad (4.28)$$

$$t_{\text{рег}} = (1 - E_{\text{рег}})(t_{\text{паст}} - t_{\text{н}}), \qquad (4.29)$$

где $t_{\text{паст}}$ – температура пастеризации, °С;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура молока, поступающего из молокоочистителя на регенератор для подогрева, °С.



Рис. 4.32. Пластинчатый теплообменник

Пастеризуют молоко в ваннах длительной пастеризации объемом 300, 600, 1 000 дм^3 и с поверхностью нагрева 2, 3,2, 4,2 м^2. Более экономичны и универсальны в эксплуатации пластинчатые пастеризационно-охладительные установки с подогревом до 92 °С и выдержкой молока при этой температуре в течение 300 с. Они работают в автоматическом режиме. Промышленность выпускает новые автоматизированные пластинчатые пастеризационно-охладительные установки А1-ОКЛ-3, АК-1-ОКЛ-5, А1-ОКЛ-10 производительностью соответственно 3 000, 5 000, 10 000 дм^3/ч. Время выдержки молока – 25 с.

На предприятиях молочной промышленности осуществляют переработку молока, к которой относится разделение молока на сливки и обрат. Такую дисперсную смесь можно разделить *сепарированием* на механических центрифугах в поле центробежных сил. При этом более тяжелые составляющие смеси – обезжиренное молоко (обрат) – перемещаются к периферии вращающегося ротора, более легкие – сливки – вытесняются ими к центру.

Производительность тарельчатого сепаратора для выделения сливок из молока определяется по формуле

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{d_{\text{ш}}{}^2 \omega_{\text{рот}}^2 z_{\text{т}} \operatorname{tg} \alpha (R_{\max}^3 - R_{\min}^3)(\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{ш}})\eta}{\mu_{\text{с}}}, \qquad (4.30)$$

где $d_{\text{ш}}$ – диаметр жирового шарика сливок, $d_{\text{ш}}$ = 1,2…2,5 мкм;

$\omega_{\text{рот}}$ – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

$z_{\text{т}}$ – число тарелок;

α – угол наклона тарелки к горизонту, рад;

$R_{\max}$ – максимальный радиус тарелки, м;

$R_{\min}$ – минимальный радиус тарелки, м;

$\rho_{\text{с}}$ – плотность среды, кг/м^3;

$\rho_{\text{ш}}$ – плотность жирового шарика, кг/м^3;

η – КПД сепаратора, η = 0,5…0,7;

$\mu_{\text{с}}$ – динамическая вязкость среды, Па · с.

Для температур t = 40…50 °С, при которых ведется сепарирование молока, установлена зависимость $(\rho_{\text{с}} - \rho_{\text{ш}}) / \mu_{\text{с}}$ = 2 900 t. С учетом температуры сепарирования формула (4.30) примет вид:

$$Q_{\text{сеп}} = d_{\text{ш}}^2 \omega_{\text{рот}}^2 z_{\text{т}} \operatorname{tg} \alpha (R_{\max}^3 - R_{\min}^3)\eta t . \qquad (4.31)$$

Пренебрегая потерями при сепарировании, количество сливок, получаемых из цельного молока, определяют по формуле

$$G_{\text{с}} = \frac{q_{\text{м}}(Ж_{\text{м}} - Ж_{\text{о}})}{Ж_{\text{с}} - Ж_{\text{о}}}, \qquad (4.32)$$

где $q_{\text{м}}$ – количество цельного молока, кг;

$Ж_{\text{м}}$ – содержание жира в молоке, %;

$Ж_{\text{с}}$ – содержание жира в сливках, %;

$Ж_{\text{о}}$ – содержание жира в обезжиренном молоке, %.

Диаметр жировых шариков:

$$d_{\text{ж}} = (m / 0,04) + 0,05, \qquad (4.33)$$

где m – массовая доля жира в обезжиренном молоке (m = 0,01 %).

Время непрерывной работы сепаратора между разгрузками

$$t_{\text{сеп}} = \frac{0,1V}{Q_{\text{сеп}} a_{\text{с}}}, \qquad (4.34)$$

где $a_с$ – объемная концентрация взвешенных частиц в сепарируемом продукте, %.

Выбрав оборудование для формирования поточных технологических линий, рассчитывают основные технико-экономические показатели. Полученные данные позволяют определить эффективность выполненной работы.

4.10. Практическая работа 5. Расчет линии для механизации технологических процессов доения коров

Цель работы. Определить необходимое количество доильных аппаратов и дояров.

Содержание работы. На основании поголовья дойных коров на ферме и среднегодового надоя на корову рассчитать необходимое количество доильных аппаратов и дояров.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 4.

Определяем средний суточный удой по формуле

$$Q_{\text{ср. сут}} = \frac{n_{\text{ж}} Q_{\text{ср. год}}}{365}, \qquad (4.35)$$

где $n_{\text{ж}}$ – количество коров на ферме, гол.;

$Q_{\text{ср. год}}$ – среднегодовой удой на корову, л/год.

Максимальный суточный удой суточной неравномерности н находится из выражения:

$$Q_{\text{max сут}} = Q_{\text{ср.сут}} k_{\text{нер}}, \qquad (4.36)$$

где $Q_{\text{max сут}}$ – максимальный суточный удой на ферме, л/сут;

$k_{\text{нер}}$ – коэффициент суточной неравномерности удоя, $k_{\text{нер}}$ = 2,0.

Суточный удой на ферме поступает неравномерно. Зоотехниками определено, что при двухразовом доении утром поступает примерно 60 % суточного удоя, а в вечернюю дойку – 40 % суточного удоя.

Разовый удой учитывается коэффициентом неравномерности поступления молока и определяется по формуле

$$Q_{\text{раз}} = Q_{\text{max сут}} k_{\text{удоя}}, \qquad (4.37)$$

где $k_{\text{удоя}}$ – коэффициент неравномерности поступления молока, $k_{\text{удоя}}$ = 0,6.

Определяем фактическое время работы машин по формуле

$$T_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{раз}}}{Q_{\text{маш}}}. \tag{4.38}$$

Количество доильных аппаратов $Z_{\text{ап}}$, потребное для обслуживания всего поголовья дойных коров на ферме, определяется по формуле

$$Z_{\text{ап}} = \frac{n_{\text{ж}} t}{T_{\text{ф}}}, \tag{4.39}$$

где $n_{\text{ж}}$ – количество дойных дней не ферме, гол.;

t – время цикла, t = 6 мин.

Число дояров $n_{\text{д}}$, необходимое для обслуживания указанного поголовья, определяется по формуле

$$n_{\text{д}} = \frac{Z_{\text{ап}}}{Z_{\text{о}}}, \tag{4.40}$$

где $Z_{\text{о}}$ – оптимальное количество аппаратов, с которым может работать один дояр без простоев, $Z_{\text{о}}$ = 3 аппарата.

Пропускная способность W доильной установки определяется по формуле

$$Q_{\text{д}} = \frac{T_{\text{ф}} - t_{\text{р}}\left(Z_{\text{о}} - 1\right)}{t} Z_{\text{о}}. \tag{4.41}$$

где $t_{\text{р}}$ – время ручных операций, $t_{\text{р}}$ = 2 мин.

Часовая производительность доильной установки определяется из выражения

$$Q_{\text{ду}} = \frac{60 Q_{\text{д}} n_{\text{д}}}{T_{\text{ф}}}. \tag{4.42}$$

4.11. Практическая работа 6. Определение параметров пластинчатого охладителя молока

Цель работы. Выбрать необходимый охладитель молока.

Содержание работы. На основании поголовья дойных коров на ферме и среднегодового надоя на корову выбираем охладитель молока.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 5.

Общее количество молока, подлежащее первичной обработке, определяется по формуле

$$G_{год} = G_{ср} m_{дк}, \quad (4.43)$$

где $G_{ср}$ – средний годовой удой фуражной коровы, л/год;

$m_{дк}$ – поголовье дойных коров на ферме, гол.

Максимальный суточный удой молока:

$$G_{max\ сут} = \frac{G_{год} \beta_н \beta_с}{365}, \quad (4.44)$$

где $\beta_н$ – коэффициент неравномерности удоя в течение года, $\beta_н = 1{,}2$;

$\beta_с$ – коэффициент, учитывающий сухостойность коров, $\beta_с = 0{,}9$.

Максимальный разовый удой (за одну дойку):

$$G_{max\ раз} = \frac{G_{max\ сут}}{\varphi}, \quad (4.45)$$

где φ – число доек за день, $\varphi = 2$.

Часовая загрузка поточной линии для подбора оборудования по производительности определяется из соотношения

$$G_ч = \frac{G_{max\ раз}}{T_о}, \quad (4.46)$$

где $T_о$ – допустимое время обработки разового удоя, $T_о = 2{,}25$ ч.

Количество воды, необходимое для охлаждения молока,

$$В = k_в G_ч, \quad (4.47)$$

где $k_в$ – коэффициент кратности расхода воды, $k_в = 2{,}5…3$;

$G_ч$ – часовая загрузка поточной линии, кг/ч.

Секундная производительность охладителя:

$$Q = \frac{G_ч}{3\ 600}, \quad (4.48)$$

Площадь рабочей поверхности секции пластинчатого охладителя находим по формуле:

$$F = QC_м(t_{мн} - t_{мк}) / (k_т \Delta t_{ср}), \quad (4.49)$$

где $C_м$ – теплоемкость молока, $C_м = 3{,}9 \cdot 10^3$ кДж/(кг · °С);

$t_{мн}$, $t_{мк}$ – температура молока на входе $t_{мн} = 36$ °С и на выходе из охладителя $t_{мк} = 3$ °С;

$k_т$ – общий коэффициент теплоотдачи, $k_т = 2\,000$;

$\Delta t_{ср}$ – средняя логарифмическая разность температур, $\Delta t_{ср} = 8{,}6$ °С.

Согласно полученным расчетам выбираем марку охладителя молока по прил. 5.

Глава 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПТИЦЕВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

5.1. Способы содержания птицы

На птицефермах и фабриках распространены выгульный, интенсивный (безвыгульный) и комбинированный способы содержания птицы.

Выгульный способ содержания применяют на фермах маточного стада и птицефабриках.

Интенсивный способ (на глубокой подстилке, в клетках, в птичниках с вольерами) используется на фабриках яичного и мясного направления.

Комбинированный способ предусматривает выращивание цыплят до возраста 60 дней, утят и гусят до 20, индюшат до 45 дней в клетках, а затем в лагерных условиях.

Широкое распространение получил способ содержания кур-несушек в широкогабаритных птичниках на глубокой подстилке, оборудованных транспортерами для раздачи корма и сбора яиц, автопоилками и гнездами (располагаются в середине птичника). Птичники комплектуются системами приточно-вытяжной вентиляции. Куры имеют свободный доступ к кормам, воде и 12 гнездам. Высокая подвижность несушек обеспечивает их полноценное биологическое развитие.

При клеточном содержании куры находятся в клетках, расположенных в несколько рядов и ярусов, что позволяет использовать площадь помещения в 3…4 раза эффективнее, чем при напольном содержании. Кормление, поение, уборка навоза и сбор яиц осуществляет комплекс машин, составляющих неотъемлемую часть клеточной батареи.

5.2. Оборудование для содержания кур-несушек промышленного стада

Отличительной чертой содержания промышленного стада кур-несушек является переход на многоярусные клеточные батареи (от 2 до 8 ярусов) с повышенными показателями использования полезного объема птичников, их комплексной механизации и автоматизации процессов.

Комплект птицеводческого оборудования КПО-Н для содержания кур-несушек состоит из комплекта клеточных батарей КБК-Н (8 батарей для птичника размером 18×96 м; 5 батарей для птичника размером 12×96 м), комплекта транспортеров для подачи корма; бункеров хранения сухих кормов; комплекта транспортеров поперечной уборки помета КПН(Г); монорельсовых тележек для обслуживания верхних ярусов батарей ТОБ.

Клеточная батарея для содержания кур-несушек КБК-Н (рис. 5.1) входит в комплект оборудования содержания птицы и предназначена для содержания промышленного стада кур-несушек в закрытых помещениях с регулируемым микроклиматом и может использоваться во всех природно-климатических зонах.





Рис. 5.1. Клеточная батарея для кур-несушек КБК-Н

Комплектность батареи обеспечивает полную механизацию основных технологических процессов при содержании кур-несушек: раздача корма, поение, уборка помета, сбор яиц.

Клеточная батарея КБК-Н представляет собой многоярусный (2…8 ярусов) металлический каркас, состоящий из расположенных

симметрично относительно продольной оси батареи клеток, со стойками приводов механизмов, расположенных в торцах батареи.

Клетка для размещения птицы формируется из элементов каркаса поярусно. Сетчатый полик укладывается на систему опорных прутков, проходящих вдоль всей батареи на каждом ярусе, и имеет наклон в сторону желоба яйцесбора. Боковые стенки формируются перфорированными поперечными перегородками, что способствует снижению стрессов птицы и обеспечивает нормальный воздухообмен. Дверки клетки парные, сдвигаемые в сторону.

Система раздачи корма цепная (рис. 5.2), состоит из основных составных элементов цепной кормораздачи: бункер, привод, кормушка, поворотный угол и кормораздаточная цепь, и дополнительных принадлежностей: очиститель корма, таймеры, наклонные элементы контура.

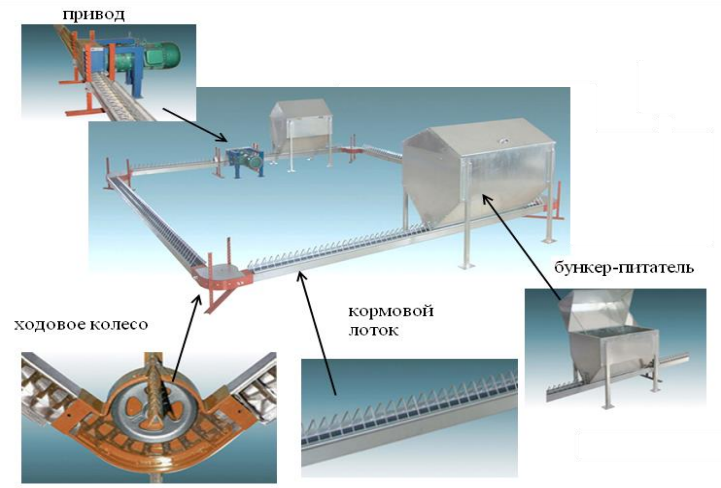


Рис. 5.2. Система раздачи корма цепная

Из бункера-питателя корм подается в кормушки желобового типа каждого из ярусов и передвигается вдоль клеток ярусов замкнутым контуром плоской кормовой цепи. Скорость движения цепи (7,7 м/мин) является достаточной для предотвращения выборочного склевывания корма птицей во время его движения вдоль батареи. Приемный бункер имеет дозирующие шибера на каждом ярусе, которые

обеспечивают пределы дозирования от 300 г до 1 500 г на 1 м. п. кормушки.

Система поения (рис. 5.3) обеспечивает подачу воды птице, находящейся в клетках батареи, и представляет собой систему линий пластиковых труб с ниппельными поилками и каплеуловителями, установленных по центру клетки на каждом из ярусов. Каждая из линий оснащена регулирующим давление бачком с клапаном поплавкового типа.



Рис. 5.3. Система поения кур-несушек комплекта
птицеводческого оборудования КПО-Н

Система удаления помета (рис. 5.4). Удаление помета производится замкнутыми ленточными транспортерами, расположенными под сетчатыми поликами клеток каждого яруса, с приводами в задней части батареи. Рабочая лента выполнена из полипропилена, устойчивого к агрессивной среде помета птицы. Скорость движения ленты – 6,1 м/мин.

Накопившийся помет лентами поярусно перемещается к задней торцевой части батареи, где срезается с них рабочими скребками и сбрасывается на горизонтальный поперечный транспортер, который выносит и сбрасывает помет из здания птичника. Натяжение лент поярусно производится натяжным барабаном, размещенным на передней стойке батареи.



Рис. 5.4. Ленточная система пометоудаления

Система яйцесбора обеспечивает сбор яиц со всех ярусов батареи на стол-накопитель или транспортер сбора яиц со всех батарей для выноса их из зала.

Линия яйцесбора комплекта батареи состоит из ленточных транспортеров и элеватора батареи (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Элеваторная система яйцесбора

Ленточные транспортеры поярусно, с каждой стороны батареи, переносят яйца на элеватор. Элеватор принимает яйца со всех ярусов,

поднимает их с нижних и опускает с верхних на стол-накопитель или поперечный яйцесборный транспортер.

Сбор яиц производится ленточным транспортером. Яйца от кур-несушек из гнезд клеток по наклонному полику скатываются в желоб на транспортерную ленту. По мере накопления яиц оператор вручную переключает кулачковую муфту и транспортер перемещает яйца к столу яйцесбора, при этом отключается система уборки помета. Скорость движения транспортирующей ленты не превышает 0,1 м/с, что позволяет одному оператору укладывать яйца со стола-накопителя в тару. Натяжение транспортерной ленты регулируется натяжным устройством.

Комплект оборудования для содержания промышленного стада кур-несушек КП-112ЛМ в базовой модификации выпускается в 4-ярусном исполнении (рис. 5.6). Может выпускаться в 2- и 3-ярусном вариантах.



Рис. 5.6. Клеточная батарея для содержания промышленного стада кур-несушек КП-112ЛМ

Комплект обеспечивает комплексную механизацию: раздачу корма, поение птицы, сбор яиц и уборку помета.

Клеточная батарея состоит из сборного каркаса, клеток для содержания птицы, кормушек, поилок, кормораздатчика, устройства для поярусной уборки помета, электрооборудования и приводов.

Детали каркаса клеточной батареи изготовлены из высококачественной оцинкованной стали.

Раздача корма осуществляется навесным бункерным кормораздатчиком дозированного типа с бесступенчатой регулировкой нормы вы-

дачи корма как при движении кормораздатчика вперед, так и назад. Норма выдачи устанавливается оператором с помощью заслонок на выгрузных рукавах кормораздатчика.

Поение ниппельное с каплеуловителем расположено по центру каркаса. Две ниппельные поилки на клетку.

Удаление помета ленточное поярусное с помощью кулачковых муфт.

Сбор яиц механизирован. В желобах яйцесбора уложена транспортирующая лента, которая с помощью приводных механизмов, установленных на передней стойке батареи, доставляет яйца к вертикальному элеватору, который подает яйца на стол-накопитель. Включение и выключение механизма сбора яиц осуществляется кнопками на пульте управления, установленном на передней стойке батареи. Площадь клетки – 413 см^2, в клетках размещают 9 гол.

Клеточная батарея БКН-3 (рис. 5.7) каскадная, трехъярусная, предназначена для содержания промышленного стада кур-несушек. Выпускают эти батареи в составе комплекта.



Рис. 5.7. Схема клеточной батареи БКН-3

Оборудование, входящее в комплект, позволяет механизировать следующие операции: прием, хранение и раздачу корма по кормушкам; поение птицы; сбор и транспортировку яиц на стол-накопитель; уборку и погрузку помета.

Линия кормораздачи представляет собой комплект оборудования, состоящий из двух бункеров сухих кормов, транспортера универсального унифицированного ТУУ-2 и желобковых кормушек.

Кормушки, расположенные в каждом ярусе батареи, представляют собой замкнутый контур, внутри которого находится цепной транспортер, проходящий через бункер-дозатор, установленный на передней стойке. Скорость движения троса – 0,5…0,66 м/с.

Корм из наружного бункера транспортером подается в приемник горизонтального транспортера ТУУ-2, который доставляет корм в бункера-дозаторы клеточных батарей, загружая их поочередно. При заполнении последнего бункера-дозатора срабатывает выключатель подачи корма, установленный на стенке горловины бункера, и отключает электродвигатели линии загрузки кормов.

При расходе корма и понижении его уровня в бункерах клеточных батарей электродвигатель линии кормозагрузки включается автоматически.

Управляют двигателем линии загрузки кормов и кормораздачи на клеточной батарее вручную или автоматически.

Для поения птицы в клетках устанавливают желобковые, ниппельные или чашечные поилки. Подача воды из водопроводной сети к ниппельным поилкам осуществляется через индивидуальные бачки постоянного уровня, находящиеся с обеих сторон в каждом ярусе клеточной батареи. Ниппельные поилки крепят сверху клеточных батарей, а чашечные – внутри клеток.

В линию сбора яиц входят шесть продольных ленточных транспортеров, два элеватора и поперечный транспортер яйцесбора. Ленты обеспечивают сбор яиц со всех ярусов батареи. Яйца со второго и третьего ярусов на конвейер яйцесбора спускаются наклонными элеваторами. Привод ленточных транспортеров и элеваторов от одного мотор-редуктора. Скорость движения лент яйцесбора – 0,03 м/с.

Сбор яиц осуществляется следующим образом. Яйца скатываются по наклонным полкам на продольные ленточные транспортеры, которые доставляют их в переднюю торцевую часть батареи.

Ленточный транспортер первого яруса доставляет яйца непосредственно на поперечный конвейер, который транспортирует их далее в отделение переработки и складирования.

В линию удаления и погрузки помета входят: установка канатно-скребковая для уборки помета МПС-6М (или МПС-4М) и транспортер

скребковый для уборки помета от батарей и погрузки его в транспортные средства НКЦ-7/18 (или НКЦ-7/12).

Каскадное расположение клеток батарей создает благоприятные условия для работы механизма уборки помета в батарее.

С наклонных настилов верхних ярусов остатки помета счищают скребками облегченной конструкции, которые сбрасывают помет в траншеи в щель между настилами по всей длине батареи.

Особенностью клеточной батареи БКН-3 является каскадное расположение ярусов клеток. Клетки каждого яруса частично заходят под клетки вышерасположенного яруса, образуя ступеньки. Поэтому каскадные батареи занимают промежуточное положение между вертикально и горизонтально ярусно располагаемыми клетками. К тому же клетка каскадной батареи как бы копирует форму тела птицы. Этим создает больший объем клеток и лучшие условия содержания. В каскадных батареях птица хорошо просматривается, улучшается воздухообмен, освещение и облегчается обслуживание птицы.

5.3. Технологические особенности линии для кормления птицы

В зависимости от методики кормления (досыта или нормируемое) оборудование для откорма птицы должно всесторонне удовлетворять потребности этой птицы с учетом ее возраста, кросса и прочих специфических факторов. Оно должно быть приемлемо как для однодневных цыплят, так и для уже взрослой, тяжелой птицы.

Важным при этом является обеспечение легкого доступа к корму и предотвращение его потерь. С этой целью разработаны различные типы кормушек, подача корма к которым осуществляется с помощью отлично зарекомендовавшей себя кормораздаточной системы AugerMatic (рис. 5.8).

Система AugerMatic состоит из следующих узлов (рис. 5.9): бункер для корма *1* с дополнительным бортом *2* или без него легко снимается с кормораздатчика *3*. Вся кормолиния полностью поднимается лебедкой на максимальную высоту под потолок и тем самым гарантирует беспрепятственное проведение работ по очистке помещения от помета. Мощный привод *4* и прочная спираль гарантируют возможность кормораздачи на расстояние до 150 м. Датчик *5* в контрольной кормушке автоматически отключает подачу после заполнения кормом всех кормушек линии.

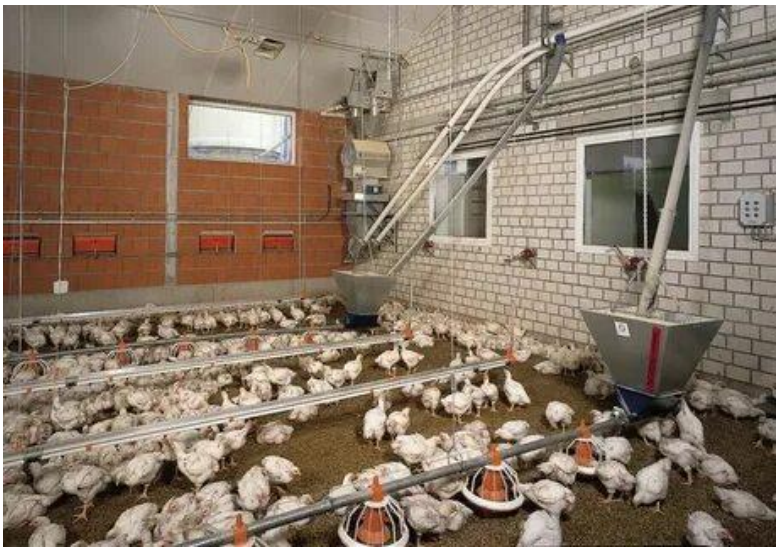


Рис. 5.8. Кормораздаточная система AugerMatic

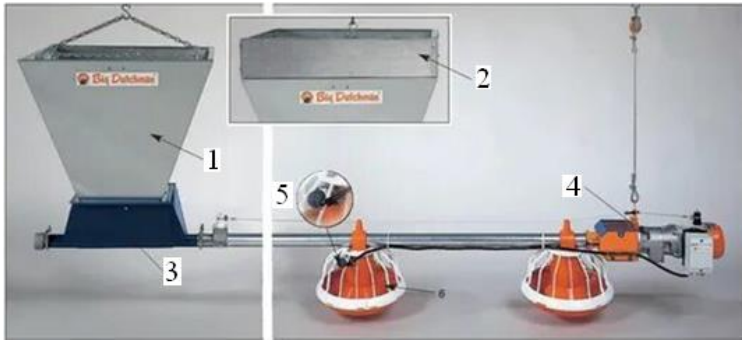


Рис. 5.9. Система кормления AugerMatic:
1 – бункер; *2* – борт; *3* – кормораздатчик; *4* – привод; *5* – датчик

Одним из важных элементов системы кормления AugerMatic является линия подачи корма птице, в состав которой входит кормушка FLUXX, разработанная компанией Big Dutchman (рис. 5.10). Она одинаково полно отвечает требованиям как однодневных цыплят, так и бройлерной птицы.



Рис. 5.10. Кормушка FLUXX фирмы Big Dutchman

В зависимости от возраста и размера птицы вся линия подачи корма поднимается, механизм предельного наполнения кормом автоматически закрывается и уровень корма понижается. Это позволяет снизить потери корма до абсолютного минимума. Закрепленные на внешнем цилиндре кормушки лопасти служат дополнительной мерой предотвращения потерь корма, поскольку позволяют значительно сократить количество корма, разбрасываемого птицей.

Кормушка FLUXX представлена в различных вариантах и изготавливается диаметром 330 (рис. 5.11) или 360 мм (рис. 5.12).

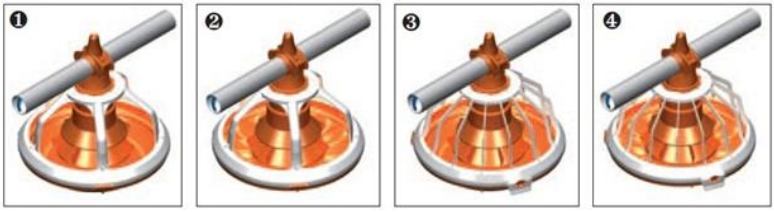


Рис. 5.11. Варианты исполнений кормушки FLUXX-330:
1 – решетка с пятью ребрами и глубоким днищем; *2* – решетка с пятью ребрами и мелким днищем; *3* – решетка с 14 ребрами и глубоким днищем;
4 – решетка с 14 ребрами и мелким днищем

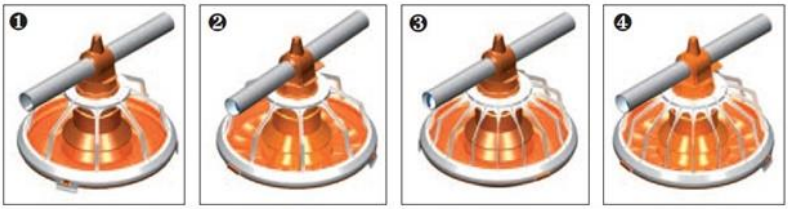


Рис. 5.12. Варианты исполнений кормушки FLUXX-360:
1 – решетка восемью ребрами и глубоким днищем; *2* – решетка с восемью ребрами, мелким днищем и заслонкой; *3* – решетка с 16 ребрами и глубоким днищем; *4* – решетка с 16 ребрами, мелким днищем и заслонкой

Кормушка *BIG PAN-330* для откорма бройлеров (рис. 5.13) предназначена для откорма тяжелой птицы (живым весом свыше 2 кг).



Рис. 5.13. Кормушка BIG PAN-330 для откорма бройлеров

При нормированном кормлении в кормушку монтируется ограничительный колодец, который в комбинации с ячеистым днищем чашки сокращает объем корма примерно на две трети. При этом гарантируется быстрое и равномерное заполнение всех кормушек одной линии практически сразу после начала процесса кормления.

BIG PAN PLUS можно использовать и при выращивании уток живым весом до 2,5 кг. Плоское с ячейками дно кормушки идеально подходит для маленьких утят, требует минимальной толщины слоя глубокой подстилки и предотвращает потери корма. Кроме того, с ячеистого

дна кормушки уткам очень удобно поедать корм. Так называемая ограждающая решетка не позволяет птице залезать в кормушку, что предотвращает загрязнение корма.

Эти кормушки разработаны специально для меняющихся условий откорма бройлеров, индеек, уток и прочей птицы (цесарок, фазанов, гусей) до 12 кг живого веса.

Универсальная чашечная кормушка TRU PAN для индеек (от суточных цыплят до птиц весом 23 кг (рис. 5.14).



Рис. 5.14. Кормушка TRU PAN для индеек
с ограничителем потерь корма

Регулирование уровня корма в кормушке TRU PAN может осуществляться вручную или автоматически, при этом уровень корма на каждой линии устанавливается централизованно. Особенно удобна система автоматического регулирования уровня заполнения при двухэтапной системе откорма, поскольку уже в возрасте 4…6 недель индюки переводятся в отдельное помещение, где с первого дня устанавливается ограничитель потерь корма. Поэтому в первые дни может возникнуть необходимость максимального заполнения всех кормушек и обеспечения свободного доступа птицы к корму.

5.4. Роботизированные системы для обработки яиц

Обработка и хранение яиц. При производстве куриного яйца следует обращать большое внимание на его качество. Качество пищевых яиц должно соответствовать техническим условиям. Пищевые яйца подразделяют на диетические, хранившиеся менее 7 дней, и столовые – с более длительным сроком хранения.

Первой операцией товарного яйца следует считать сортировку. Тщательно отбирают яйца с нарушением целостности скорлупы, их используют в хлебопекарной и кондитерской промышленности или же для изготовления яичного порошка. При сортировке разделяют яйцо на первую и вторую категории по массе и величине яйца: к первой категории относятся диетические яйца массой не менее 54 г и столовые – массой 48 г; ко второй категории – диетические яйца массой 44 г и столовые – не менее 43 г.

На основе стандарта происходит выборка и сортировка пищевых яиц с учетом чистоты, целости, состояния качества и размера яиц (сюда включается и масса), просвечивание на наличие дефектов (насечка, мраморность или пятнистость скорлупы, кровяные включения и т. д.), дезинфекция.

Обработка инкубационных яиц производится для поддержания высоких показателей выводимости.

Для сортировки яиц применяют высокопроизводительное оборудование, основанное на зеркальном просвечивании. Этот метод пригоден для контроля крупных партий яиц. Яйца на непрерывном транспортере поступают на просвечивание по нескольку штук в одном ряду, и происходит автоматический контроль качества яиц.

Роботизированные машины сортировки яиц компании STAALKAT являются результатом многолетнего опыта изготовления и эксплуатации на сортировальных предприятиях по всему миру. Прочная простая конструкция отвечает требованиям сортировочного цеха птицефабрики или упаковочного пункта. Эти машины работают со всеми распространенными в мире видами упаковки. В зависимости от требований рынка, возможна комплектация установками мойки яиц и лотков.

Роботизированные яйцесортировочные машины компании STAALKAT (рис. 5.15) аккуратно обрабатывают каждое яйцо индивидуально по всей технологической цепочке до укладки в коробку, обеспечивая при этом высочайшую производительность труда и малый износ деталей. Детектор насечек и весы не имеют подвижных деталей, требующих сложного обслуживания или представляющих сложность при очистке.

В табл. 5.1 приведена производительность роботизированных яйцесортировочных машин компании STAALKAT.



а



б



в

Рис. 5.15. Роботизированные яйцесортировочные машины компании STAALKAT: *а* – STAALKAT OPTIGRADER 60; *б* – STAALKAT ALPHA; *в* – STAALKAT ARDENTA

Таблица 5.1. **Производительность роботизированных яйцесортировочных машин фирмы Staalkat**

Марка машины	Производительность, тыс. шт/ч
Optigrader 600	216
Optigrader 400	144
Ardenta 12	100
Ardenta 6	54
Alpha 125	45
Alpha 100	36
Alpha 70	25
Ultra Compacta	14
Inter Compacta	9
FRG 20	9

В большинстве предприятий, осуществляющих сортировку и упаковку яиц, производство начинается с загрузки яиц на конвейер. Компания SANOVO специализируется на разработке роботизированного загрузочного оборудования для работы в сухих и влажных условиях с обеспечением оптимальной обработки яйца различных видов и количеств, уложенных в бумажные или пластиковые лотки. Загрузчики компании SANOVO имеют производительность до 201 тыс. яиц в час (560 коробок в час). Все загрузчики имеют модульную конструкцию и их можно монтировать в зависимости от конкретных условий и требований к размещению.

Роботизированная система загрузки яиц серии OPTILOADER PLUS компании SANOVO (рис. 5.16) представляет собой абсолютно новое поколение оборудования.

Роботизированные системы компании SANOVO серии OPTILOADER PLUS выполняются на 12- и 18-рядных платформах. Специальный манипулятор синхронизирует скорость перемещения платформы с пневматическими присосками, обеспечивающей снимание яиц с лотков, со скоростью роликового подающего транспортера.

После сортировки яйца поступают на автоматические линии по их упаковке, где яйца упаковываются в оптовую (промышленную) тару и потребительскую упаковку. Упакованная продукция поступает на реализацию. Упаковка яиц должна защищать продукт от загрязнений, механических повреждений и отвечать эстетическим требованиям.

Роботизированные машины компании STAALKAT применяются для упаковки пищевого и инкубационного яйца.



Рис. 5.16. Роботизированная система загрузки яиц серии OPTILOADER PLUS

Роботизированные машины STAALKAT FARMPACKER (рис. 5.17) применяются для упаковки пищевого яйца в промышленную тару и потребительскую упаковку. STAALKAT FARMPACKER имеют прочную конструкцию и аккуратно обращаются с яйцом. Они обеспечивают правильную упаковку яиц острым концов вниз, поддерживают высокое качество продукции и уменьшают затраты на техобслуживание оборудования.



Рис. 5.17. Роботизированная машина упаковки пищевого яйца STAALKAT FARMPACKERS

Роботизированные машины STAALKAT FARMPACKER включают в себя систему подачи упаковки, упаковочный роботизированный стол и систему сбора лотков в штабели. Машины могут эксплуатироваться как на больших птицеводческих предприятиях по производству пищевого яйца, так и на малых фермерских птицефабриках.

В табл. 5.2 приведена производительность роботизированных машин упаковки яиц компании STAALKAT FARMPACKER.

Таблица 5.2. **Производительность упаковочных машин Staalkat Farmpacker**

Марка машины	Производительность, тыс. шт/ч
Farmpacker 40	14,4
Farmpacker 70	25,2
Farmpacker 100	36,0
Farmpacker 200	72,0

Для упаковки инкубационного яйца применяются роботизированные упаковочные машины Staalkat Hatchery Packer (рис. 5.18). Эти машины обеспечивают высокую выводимость цыплят посредством бережного обращения с инкубационным яйцом и способствуют снижению затрат труда. Оборудование имеет прочную эргономичную конструкцию из неподверженных коррозии материалов и обладает технологической гибкостью. Наличие встроенного устройства выборки и подачи лотков позволяет устанавливать упаковщик инкубационного яйца даже в небольших помещениях.



Рис. 5.18. Роботизированная машина упаковки инкубационного яйца Staalkat Hatchery Packer

Упаковщики Staalkat Hatchery Packer могут укладывать инкубационные яйца в инкубационные лотки различной вместимости. В зависимости от типа лотка производительность машины составляет от 20 тыс. яиц в час (модели с квадратным расположением ячеек) до 24–28 тыс. яиц в час при использовании моделей с ромбовидным расположением ячеек.

Роботизированные упаковочные машины Staalkat Hatchery Packer оборудуются сортировщиком Staalkat Farmgrader 80. Эта автономная машина может удалять из потока яйца с размерами, не обеспечивающими хорошую выводимость цыплят, в результате чего обеспечивается максимальная эффективность процесса инкубации.

Робот-манипулятор Italprojector P18 (рис. 5.19) применяется для штабелирования лотков яиц на паллеты, которое он производит с производительностью до 180 тыс. яиц в час. Italprojector P18 может работать с пластиковыми или картонными лотками, а также с пластиковыми или деревянными паллетами наиболее распространенных размеров. С помощью специального вилочного устройства робот подхватывает за один раз до 4 стопок бумажных или пластиковых лотков. К тому же штабели бумажных лотков на заполненных паллетах можно поворачивать на 90°. Робот Italprojector P18 может устанавливаться в технологической линии после упаковщика Farmpacker, а также после сортировщика.



Рис. 5.19. Робот-манипулятор для штабелирования лотков на паллеты Italprojector P18

Робот компании Massman (рис. 5.20) применяется для упаковки и укладки лотков яиц на паллеты. В системе, разработанной фирмой Massman, четыре двусторонних машины для упаковки в короба принимают и позиционируют транспортные короба, автоматически укладывают в них коробки или лотки с яйцами и транспортируют упакованные короба через сортировочную систему в зону формирования паллет, оснащенную роботом-манипулятором. Далее роботизированная рука и конвейер формируют паллеты из коробов. Компания Massman использовала робот-манипулятор производства фирмы ABB.



Рис. 5.20. Робот для упаковки яиц компании Massman

К выгодам от внедрения роботизированных систем обработки яиц можно отнести: короткий срок окупаемости (менее 5 лет), экономию ручного труда, улучшение экологической безопасности, эффективность процессов упаковки коробов и формирования паллет, снижение процента боя яиц благодаря более бережному обращению с продуктом, повышение выводимости инкубационных яиц.

5.5. Системы контроля и управления в птицеводстве

Фирма Big Dutchman разработала компьютерную программу управления фермой Farm Power Manager.

Система EggCam компании Big Dutchman International GmbH – это новая система для подсчета яиц с интегрированным опознаванием их массы и регистрацией параметров качества яиц (загрязненность скорлупы) с помощью видеодатчика.

У прежних систем яйца подсчитывались при сборе механическим и электронным способами, а контроль массы и качества не производился. Грязные яйца учитывались недостаточно хорошо и отсортировывались вручную.

Благодаря регистрации массы яиц система EggCam позволяет определить массу произведенной продукции уже при сборе яиц. При отклонении от целевых параметров можно быстро внести соответствующие коррективы.

Опознавание грязных яиц и яиц с поврежденной скорлупой позволяет определять проблемные зоны в отдельных участках птичника и предварительно сортировать яйца.

Она представляет собой интересный и важный инструмент менеджмента для средних и крупных комплексов по содержанию кур-несушек (в том числе и для напольного и мелкогруппового содержания).

Компьютерная система учета раздачи кормов, разработанная научно-производственной фирмой «Севекс», предназначена для нормированной раздачи кормов по времени, учета расхода корма в птичнике и беспроводной передачи данных в компьютер. Она обеспечивает ввод и хранение сведений о массе порции комбикорма от 1 до 50 кг, норм раздачи комбикорма от 1 до 1 000 кг, времени его раздачи, а также нормированную раздачу комбикорма по времени, индикацию массы дозируемого комбикорма, учет его расхода за сутки, неделю, месяц, год; передачу данных о выданной норме комбикорма в компьютер по радиомодему.

Система диспетчеризации птицефабрик НПФ «Севекс» состоит из трех узлов: традиционного компьютера, расположенного в диспетчерской, микропроцессорного блока и датчиков, размещаемых в птичнике (рис. 5.21).

Важнейшим отличием от аналогов является отсутствие проводов и кабельных коммуникаций, соединяющих диспетчерскую и птичники: вся информация передается и принимается с помощью радиомодемов (разрешения на использование радиочастот не требуется).

Диспетчерская может располагаться далеко, так как каждый блок, установленный в птичнике, имеет возможность транзитно передавать информацию дальше. Как следствие – повышение надежности и резкое снижение затрат на монтаж и обслуживание оборудования.

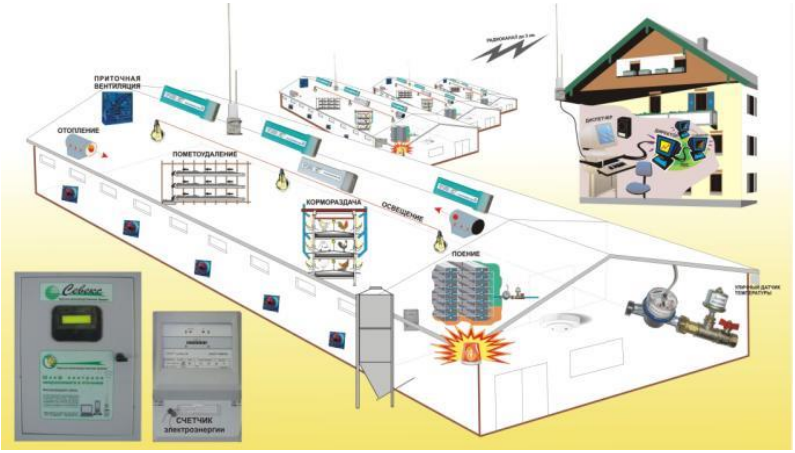


Рис. 5.21. Система диспетчеризации птицефабрик НПФ «Севекс»

В птичнике сбор и передача данных со всех измерительных приборов осуществляются по единой цифровой трехпроводной линии. Применяемые датчики передают сведения в едином цифровом стандарте, что повышает точность и надежность системы.

В каждом птичнике устанавливается комплект оборудования, контролируемые параметры выбираются заказчиком индивидуально для каждого случая. Просмотр параметров производится с помощью дисплея, а управление контроллером – с помощью клавиатуры или дистанционного инфракрасного пульта. Программное обеспечение позволяет контролировать до 64 птичников, на экране отображаются значения, графики, расчеты, сообщения и др. Параллельно происходит информирование, построенное по голосовому принципу. Сообщения озвучиваются компьютером в помещении диспетчерской службы, а также могут передаваться на переносное приемное устройство дежурному электрику голосом в следующем виде: «В птичнике номер пять температура низкая», «В птичнике номер восемь несанкционированное отключение освещения», «В птичнике номер семь сработала пожарная сигнализация».

Отслеживаемые специалистами птицефабрики данные позволяют корректировать все технологические процессы, что повышает эффективность всего производства.

Дальнейшее развитие и внедрение информационных технологий на птицеводческих предприятиях ведутся в направлении разработки и

реализации системных решений, которые выполняют не только классическую функцию сбора и регистрации данных, но и интегрируют всю информацию по производству. При этом гарантируется полное и быстрое отслеживание данных.

Также предлагаются системы менеджмента на основе сетевых технологий, обеспечивающих системное управление производством. Примером является система *Amacs фирмы Big Dutchman*, предназначенная для управления производством яиц.

Система может использоваться как в малых, так и больших птичниках. Модульный принцип построения позволяет оптимально адаптировать ее к ситуации на конкретном предприятии. Система позволяет непрерывно вести процесс сбора данных, осуществлять управление и наблюдение за производственными процессами в птичниках традиционного и альтернативного типов содержания несушек либо на всем птицеводческом комплексе.

Дополнительными преимуществами данной системы являются непосредственная трансляция видеоизображения из птичника через локальную сеть на центральный компьютер фермы либо посредством браузера – на персональный компьютер в офисе.

В комплекс функциональных возможностей системы входит также и система оповещения о срабатывании сигнала тревоги посредством передачи сообщений на средства мобильной связи (телефон, смартфон, планшетный компьютер).

В зависимости от требований к типу информации мониторинг и управление могут проводиться по четырем функциональным группам каждого птичника: микроклимат, производство, сбор яйца и сушка помета.

Функциональная группа «Микроклимат» позволяет установить в птичнике необходимые параметры микроклимата. Предусмотрено управление всеми системами вентиляции, охлаждения и отопления.

Функциональная группа «Производство» включает в себя комплексный менеджмент, в который входит управление кормлением, освещением, расходом воды и сигналом тревоги.

Обеспечение птиц кормом в соответствии с их возрастом и яйценоскостью является решающим фактором в вопросе экономии корма. Система позволяет в любое время рассчитать его расход на ярус и голову в день, дает возможность регулировать процесс потребления корма автоматически или вручную. Расход корма рассчитывается с

помощью взвешивания бункера или корма, выгружаемого из него. Система ведет автоматический учет количества поставок корма.

Функциональная группа «Производство» управляет также и водоснабжением, освещением, гнездами и выгулом.

Потребление воды регулируется таймером, а расход воды может рассчитываться как поярусно, так и на каждый ряд – в зависимости от типа системы поения.

Правильно отрегулированное освещение оказывает большое влияние на поведение птицы, яйценоскость, качество яйца и конверсию корма. Свободно программируемые таймеры, функция симуляции рассвета и наступления сумерек позволяют реализовать в птичнике любой режим освещения.

Функциональная группа «Сбор яйца» управляет работой систем сбора и учета яиц. Счетчик яиц ведет автоматический учет количества снесенных несушками яиц, сохраняя данную информацию в базе данных для составления протоколов и графиков. Сравнение с заданными в системе (с учетом кросса и возраста птицы) значениями позволяет установить оптимален ли уровень яйценоскости.

Дополнительные датчики позволяют проследить за ходом процесса сбора яйца продольными транспортерами. При этом прямо отслеживается и отмечается цветом, достигнуто ли ожидаемое количество яиц.

Система Amacs позволяет осуществлять контроль посредством вывода всех данных на компьютер фермы в сервисном помещении.

Сбой в подаче питания, отклонения от нормы в температурном режиме, в параметрах расхода воды и корма наряду с уменьшением объема корма в бункере ниже минимальной отметки являются серьезными причинами для срабатывания сигнала тревоги. Система Amacs передает всю информацию о нарушениях в работе оборудования посредством электронной почты на мобильную связь.

Параллельно с возможностью передачи аварийного сигнала предусмотрена автономно работающая система аварийной сигнализации. Хронологическая статистика событий, выступающая одновременно в роли производственного журнала, позволяет выявить и отследить часто повторяющиеся сбои в работе оборудования. Фильтры событий позволяют сузить поиск до целенаправленной выборки, например, проблем производственного характера либо сбоев в работе системы микроклимата.

5.6. Оптимизация параметров оборудования линии сбора яиц

В комплектах оборудования для содержания кур-несушек в клеточных батареях для сбора яиц применяют ленточные транспортеры с двусторонним или односторонним расположением клеток или гнезд, которые работают в автоматическом режиме и без него.

При автоматическом сборе присутствие птичницы около стола не обязательно, по мере заполнения стола яйцесборный транспортер автоматически отключается. Вместимость стола находят по формуле

$$D = \frac{m_{\text{кур}} a_{\text{я}}}{\text{к}_{\text{кур}} a}, \qquad (5.1)$$

где $m_{\text{кур}}$ – количество несушек в птичнике, гол.;

$a_{\text{я}}$ – суточная яйценоскость несушек, %;

$\text{к}_{\text{кур}}$ – количество операций сбора яиц за сутки;

a – число линий сбора яиц в птичнике.

Скорость транспортера линии сбора яиц устанавливают в пределах 4...12 м/мин.

При механизированном способе птичница в течение всего сбора яиц непрерывно находится у приемно-накопительного стола, снимая с него яйца, и по мере надобности включает и отключает яйцесборный транспортер, что позволяет значительно сохранить вместимость стола. Вместимость стола в этом случае определяют по формуле

$$D = \frac{1}{z_{\text{тр}}}\left(\frac{m_{\text{кур}} a_{\text{я}}}{100\text{к}_{\text{кур}} a} - \frac{L}{\upsilon_{\text{тр}}} Q\right), \qquad (5.2)$$

где $z_{\text{тр}}$ – число отключений транспортера, $z_{\text{тр}}$ = 2…4 раза при проходе одной полной длины рабочей ветви транспортера;

L – длина рабочей ветви транспортера, м;

$\upsilon_{\text{тр}}$ – скорость движения транспортера, м/мин;

Q – средняя производительность птичницы при съеме яиц, включая их укладку и отбраковку, шт/мин.

Мощность на приводном валу транспортера определяют по формуле

$$N_{\text{т}} = \frac{\upsilon_{\text{тр}} P_{\text{д}} \eta_{\text{с}}}{102}, \qquad (5.3)$$

где $\upsilon_{\text{тр}}$ – скорость ленты транспортера, м/с ($\upsilon_{\text{тр}}$ = 0,5 м/с);

$P_{\text{д}}$ – движущая сила, Н;

$\eta_с$ – коэффициент, учитывающий сопротивление ленты и сопротивления вращения шкивов ($\eta_с$ = 1,2...1,3).

Мощность электродвигателя сборного транспортера яйца определяют по формуле

$$N = \frac{k_п N_т}{\eta_т}, \quad (5.4)$$

где $k_п$ – коэффициент, учитывающий перегрузку в момент пуска ($k_п$ = 1,2…1,5);

$N_т$ – мощность на приводном валу транспортера, кВт;

$\eta_т$ – коэффициент полезного действия трансмиссии ($\eta_т$ = 0,8).

Полученное значение мощности электродвигателя позволяет по каталогу выбрать сборный транспортер яйца.

Годовой выход яиц определяется по формуле

$$Q_я = m_{кур} J z_п, \quad (5.5)$$

где $m_{кур}$ – количество кур несушек в помещении, гол.;

J – яйценоскость одной курицы, шт. (J = 250…280 шт.);

$z_п$ – количество помещений.

Суточная производительность линии определяется из выражения

$$Q_с = \frac{\alpha Q_я}{365}, \quad (5.6)$$

где α – коэффициент суточной неравномерности поступления яиц, (α = 1,3).

Сменная производительность механизированного яйцесклада:

$$Q_{ся} = \frac{Q_с}{n_{см}}, \quad (5.7)$$

где $n_{см}$ – количество смен работы яйцесклада.

Часовая производительность яйцесклада определяется по формуле

$$Q_{чя} = \frac{Q_{ся}}{t_{см}}, \quad (5.8)$$

где $t_{см}$ – время смены, ч ($t_{см}$ = 8 ч).

По производительности осуществляется выбор оборудования для сбора, очистки, мойки, сортировки и обработки яиц.

5.7. Оптимизация параметров оборудования линии инкубации яиц

Птицеводческие предприятия содержат свои инкубационные цехи (станции), которые комплектуют в зависимости от потребностей производства инкубационно-выводными инкубаторами ИКП-60 и ИКП-90, а также инкубационными ИУП-Ф-45 и выводными ИУВ-Ф-15. Инкубатор ИКП-90 вмещает 91 728 яиц, из которых в блоке инкубационных камер – 78 624 и в выводной – 13 104 яйца. Яйца для инкубации должны иметь массу 50…65 г, оплодотворенность у кур яичных пород не ниже 90…95 %, у мясных – 90 %. Для отбора яиц по массе используют яйцесортировочные машины ЯС-1 или МСЯ-1М, по качеству – овоскоп И-11А и стол-овоскоп СМУ-А.

Перед инкубацией яйца и камеры, в которые их закладывают, дезинфицируют. После вывода цыплят их сортируют на курочек и петушков на столах СЦП-2 и СЦП-2А, оборудованных счетчиками.

Производительность инкубатора определяют по формуле

$$Q_{\text{и}} = \frac{\text{к}_{\text{я}}}{t_{\text{ц}} k_{\text{и}}}, \qquad (5.9)$$

где $\text{к}_{\text{я}}$ – число закладываемых в инкубатор яиц, шт.;

$t_{\text{ц}}$ – время цикла, дн.;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент неравномерности вывода цыплят.

Число закладываемых в инкубатор яиц определяют по формуле

$$\text{к}_{\text{я}} = \text{к}_{\text{и}} + \text{к}_{\text{в}}, \qquad (5.10)$$

где $\text{к}_{\text{и}}$ и $\text{к}_{\text{в}}$ – число яиц в инкубационной и выводной секциях, шт.

Время цикла определяют по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{и}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п}}, \qquad (5.11)$$

где $t_{\text{з}}$ – время загрузки инкубатора, дн.;

$t_{\text{и}}$ – время нахождения яиц в инкубационной секции, дн.;

$t_{\text{в}}$ – время нахождения яиц в выводной секции, дн.;

$t_{\text{п}}$ – время подготовки инкубатора к принятию новой партии яиц, дн.

Годовую производительность инкубатора определяют по формуле

$$Q_{\text{г}} = Q_{\text{и}} \text{Д}, \qquad (5.12)$$

где Д – число дней в году.

Число инкубаторов для птицеводческого предприятия определяют по формуле

$$n = \frac{к_г}{Q_г \eta_ц k_п} = \frac{к_г}{Q_и Д \eta_ц k_п}, \quad (5.13)$$

где $к_г$ – годовая производительность птицефабрики, гол.;

$\eta_ц$ – коэффициент, учитывающий цикличность посадки птицы в производственные помещения;

$k_п$ – коэффициент, учитывающий выход цыплят.

5.8. Практическая работа 7. Оптимизация линии сбора яиц

Цель работы. Выбрать оборудование для сбора, очистки, мойки, сортировки и обработки яиц.

Содержание работы. На основании поголовья птицы в птичнике и суточной яйценоскости несушек выбрать оборудование для сбора, очистки, мойки, сортировки и обработки яиц.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 6.

Для сбора яиц применяют ленточные транспортеры с двусторонним или односторонним расположением клеток или гнезд, которые работают в автоматическом режиме и без него. В ходе проектирования линии сборки яиц необходимо определить:

– вместимость приемного стола;

– допустимую скорость движения транспортера;

– потребную мощность для привода транспортера и часовую производительность транспортера.

Вместимость приемно-накопительного стола в автоматическом режиме работы

$$D = \frac{m_{кур} a_я}{100 к_{кур} a}, \quad (5.14)$$

где $m_{кур}$ – количество несушек в птичнике, гол.;

$a_я$ – суточная яйценоскость несушек, %;

$к_{кур}$ – количество операций сбора яиц за сутки, $к_{кур} = 2…3$;

a – число линий сбора яиц в птичнике, $a = 1…2$.

Минимально возможное значение скорости движения транспортера, обеспечивающее автоматическую работу линии, м/мин

$$V_{т} = \frac{DL_{л}}{T_{я}\left(\frac{m_{кур}C_{max}}{100Q_{n}}\right)}, \qquad (5.15)$$

где $L_{л}$ – длина линии сбора яиц, м;

$T_{я}$ – время подачи и съема яиц ($T_{я}$ = 420…480 мин);

C_{max} – максимальная суточная яйценоскость несушек; (C_{max} = 65…75 %);

Q_{n} – средняя производительность труда при съеме яиц (Q_{n} = 1…2,5 тыс. шт/ч).

Скорость транспортера линии сбора яиц устанавливают в пределах 4...12 м/мин.

Движущая сила определяется по формуле

$$F_{д} = \left(\frac{m_{кур}C_{max}C_{о}P}{10^{5}al_{c}} + 2 + q_{л}\right) f_{с}L_{л}, \qquad (5.16)$$

где $C_{о}$ – относительный выход яиц за 1 ч по отношению к суточному сбору ($C_{о}$ = 0,15...0,3);

P – масса яйца, г (P = 55…60 г);

l_{c} – путь, пройденный лентой, м (l_{c} = 160...180 м);

$q_{л}$ – масса ленты, кг/м ($q_{л}$ = 3 кг/м);

$f_{с}$ – коэффициент сопротивления движению, $f_{с}$ = 0,5.

Мощность электродвигателя яйцесборного транспортера высчитывается по выражению

$$N_{дв} = \frac{F_{д}V_{т}k^{/}\varphi_{ж}}{102\eta_{\tau}}, \qquad (5.17)$$

где $k^{/}$ – коэффициент, учитывающий перегрузку электродвигателя в момент пуска ($k^{/}$ = 1,2…1,5);

$\varphi_{ж}$ – коэффициент жесткости ленты ($\varphi_{ж}$ = 1,2…1,3);

η_{τ} – КПД трансмиссии (η_{τ} = 0,75…0,85).

Часовая производительность транспортера определяется по формуле

$$Q_{т} = \frac{m_{кур} C_{max}}{100 C_0 P} 10^5 n_{т}, \qquad (5.18)$$

где $n_{т}$ – число транспортеров для сбора яиц при их индивидуальных электроприводах.

Годовой выход яиц определяется по формуле

$$Q_{я} = КJк_{n}, \qquad (5.19)$$

где К – количество кур-несушек в помещении;

J – яйценоскость одной курицы, шт. (J = 250…280 шт.);

$к_{n}$ – количество помещений.

Суточная производительность линии определяется из выражения

$$Q_{сут} = \frac{k_{неравн} Q_{я}}{365}, \qquad (5.20)$$

где $k_{неравн}$ – коэффициент суточной неравномерности поступления яиц, ($k_{неравн}$ = 1,3).

Сменная производительность механизированного яйцесклада

$$Q_{см} = \frac{Q_{сут}}{n_{см}}, \qquad (5.21)$$

где $n_{см}$ – количество смен работы яйцесклада.

Часовая производительность яйцесклада определяется по формуле

$$Q_{час} = \frac{Q_{см}}{t_{см}}, \qquad (5.22)$$

где $t_{см}$ – время смены, ч ($t_{см}$ = 8 ч).

По производительности осуществляется выбор оборудования для сбора, очистки, мойки, сортировки и обработки яиц.

Глава 6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

6.1. Микроклимат животноводческих помещений и его влияние на продуктивность животных

Микроклиматом животноводческих помещений называется совокупность физических и химических факторов сформировавшейся внутри воздушной среды.

К *важнейшим параметрам* микроклимата относятся температура и относительная влажность воздуха, скорость его движения, химический состав, а также наличие взвешенных частиц пыли и микроорганизмов и др.

Параметры микроклимата устанавливаются для каждого вида и каждой возрастной группы животных с учетом их физиологических и продуктивных особенностей, экономической целесообразности и технических возможностей.

Максимальная допустимая температура в помещениях для крупного рогатого скота всех возрастных групп не должна превышать 30 °С, минимальная относительная влажность воздуха – 50 %, уровень шума в этих помещениях не должен превышать 70 дБ (децибел).

Максимальная допустимая температура воздуха в свиноводческих помещениях для всех возрастных групп (кроме поросят-сосунов) в летний период года не должна превышать 25 °С, минимальная влажность воздуха – 50 %, уровень шума – не более 70 дБ.

Кроме температуры и влажности, на состояние здоровья животных и птицы большое влияние оказывает также скорость движения воздуха в помещении. Поток окружающего воздуха должен быть равномерным, чтобы в помещении не было сквозняков.

Воздухообмен в животноводческих помещениях в зимний период, из расчета на 100 кг массы животного, должен быть для взрослого скота и молодняка не менее 17 $м^3$/ч, для телят и свиней – 20 $м^3$/ч.

Формирование микроклимата животноводческих помещений зависит от температуры поверхности стен и пристенной зоны, особенно в холодный период года, когда температура ограждающих конструкций значительно ниже температуры кожи животного. В таких случаях теплопотери животных достигают 50 % и более от общего количества энергии, вырабатываемой организмом, что может служить причиной местного или общего переохлаждения организма животного. Это, в

свою очередь, приводит к снижению привесов, продуктивности и увеличению числа больных животных.

Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10…20 %, прироста живой массы на 20…33 %, увеличению отхода молодняка до 5…40 %, уменьшению яйценоскости кур на 30…35 %, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям.

Также неблагоприятный микроклимат отрицательно влияет на здоровье и производительность труда обслуживающего персонала. Расходы на ремонт помещений, вызванные конденсацией влаги, иногда достигают четверти общего объема прибыли.

В поддержании параметров микроклимата на уровне зоотехнических и санитарно-гигиенических требований большую роль играет вентиляция помещений.

По принципу действия системы вентиляции делятся:

– на естественную (гравитационную);

– принудительную с механическим побудителем потока;

– комбинированную.

При *естественной* вентиляции воздухообмен происходит вследствие разности плотностей воздуха внутри и вне помещений, а также под влиянием ветра. Необходимый воздухообмен в помещении осуществляется с помощью приточных и вытяжных каналов. В этом случае воздухообмен происходит сам собой – теплый воздух выходит через шахты в крыше здания, а холодный поступает в него через специальные отверстия в стенах коровника.

Для регуляции воздушного потока входные отверстия снабжают заслонками, а выходные – дефлектором вытяжной вентиляции.

Более совершенной является *искусственная вентиляция*, установки которой принудительно создают воздушный поток и позволяют удалять из помещения строго определенное зоотехническими нормативами количество воздуха, заменять его свежим и повторять такой воздухообмен заданное число раз.

Принудительная вентиляция с механическим побудителем подразделяется: на приточную (нагнетательную), вытяжную, приточно-вытяжную с рециркуляцией.

Приточный воздух нагнетается вентилятором, после чего распределяется через перфорированные воздуховоды в верхней части стойлового помещения.

При работе вытяжной системы чистый воздух поступает в помещение через неплотности в ограждающих конструкциях. Она принудительно, с помощью осевых вентиляторов, удаляет загрязненный воздух из помещения. При этом давление воздуха в последнем снижается, и наружный воздух устремляется внутрь через вентиляционные отверстия в щели.

В приточно-вытяжной системе вентиляции воздух подается в помещение приточной вентиляцией, а удаляется вытяжной вентиляцией, работающими одновременно.

6.2. Автоматизированные системы для ухода за животными

Комфорт животных и гигиена являются важнейшими составляющими содержания коровника. Автоматические щетки-чесалки для коров предназначены для комфортной и эффективной чистки животных, обширного массажа, стимуляции обмена веществ, улучшения циркуляции крови, а также удаления паразитов. Автоматические щетки-чесалки включаются от легкого их поднятия коровой, чистят не только спину и шею, но также бока и грудь. Щетка автоматически настраивается под размеры животных. При чрезмерной нагрузке происходит автоматическая смена направления вращения.

Фирма Lely предлагает щетку для коров Lely Luna (рис. 6.1). Износостойкая и не сгибающаяся щетка работает от электродвигателя мощностью 0,37 кВт. Щетка вращается со скоростью 60 об/мин. Масса щетки с приводом составляет 135 кг.



Рис. 6.1. Щетка для коров Lely Luna

Щетки для коров устанавливают в коровнике в любом удобном месте. Монтаж щетки достаточно прост – обычно устройство устанавли-

вается на стене или столбе в свободной зоне коровника, таким образом обеспечивая беспрепятственное движение и естественное поведение животных в коровнике.

Благодаря изменяющемуся направлению движения, щетина щетки сохраняет свою форму на протяжении более длительного времени по сравнению со щетками, вращающимися только в одном направлении. Комбинация мягких и более жестких щетинок создает оптимальный баланс для обеспечения эффективной и комфортной чистки. Благодаря своей конструкции щетка Luna не нуждается в обслуживании, так как состоит из минимального количества подвижных деталей. Щетка приводится в действие двигателем и активируется простым касанием.

Автоматические щетки для коров модели PROFI-COW и KRAZZMAXX производства компании SUEVIA (рис. 6.2) позволяют свести к минимуму трудоемкую чистку животных.



Рис. 6.2. Автоматические щетки для коров
моделей PROFI-COW и KRAZZMAXX

Автоматическая щетка для коров Profi-SWING (рис. 6.3) монтируется на прочном оцинкованном носителе. Эффективная чистка шерсти осуществляется благодаря пружинному подвесу, обеспечивающему равномерное давление щетки на спину коровы. Щетка имеет маятниковую конструкцию и предназначена для повышения комфорта содержания крупного рогатого скота путем выполнения массажа кожного покрова в труднодоступных местах, удаления шерсти после сезонной линьки, очистки животных от пыли и грязи.



Рис. 6.3. Автоматическая щетка для коров Profi-SWING

Система крепления кронштейнов позволяет щетке качаться вокруг двух горизонтальных взаимно перпендикулярных осей. Угол качания (от вертикали) ±90°. На кронштейне закреплен привод с мотор-редуктором. На тихоходном валу мотор-редуктора установлен вал, на котором закреплены щеточные диски. Привод щетки включается автоматически при отклонении ее от вертикального положения более чем на 2°. Выключение привода происходит спустя некоторое время после того, как щетка вернется в исходное (вертикальное) положение.

Компания DeLaval разработала ряд инновационных решений для работы со стадом, которые позволяют улучшить самочувствие животных. Одним из таких решений является мини-щетка DeLaval (рис. 6.4), которая создана по образцу щеток для дойного стада.



Рис. 6.4. Мини-щетка DeLaval

Щетка предназначена для мелкого рогатого скота, например, коз, но ее также можно использовать и при выращивании молодняка крупного рогатого скота. Телята с раннего возраста теперь могут рассчитывать на уход, который раньше был доступен только взрослым животным.

Автоматические щетки широко внедряются во всех хозяйствах. Результат использования щеток для коров – здоровая, блестящая шерсть, а также чистота и комфорт животных.

6.3. Автоматизированная система освещения при выращивании и содержании птицы

Освещение в птицеводстве играет важную роль при выращивании кур всех направлений и позволяет управлять процессами физиологического развития птицы, обеспечивать более комфортные условия ее содержания и при этом добиваться существенного увеличения продуктивных показателей. Правильно спроектированная система освещения с применением программ контроля и регулировки освещения позволяет влиять на возраст полового созревания, яйценоскость, длительность периода яйцекладки, воспроизводство, качество продукции, а также увеличить выживаемость молодняка, снизить затраты кормов, травматизм и уменьшить затраты электроэнергии.

В качестве источников освещения в птичниках применяют электрические лампы.

Компактные люминесцентные лампы применяются в птицеводческих помещениях. Эти лампы объединили в себе преимущества ламп накаливания (небольшие габариты, возможность включения в электрическую сеть через обычный патрон для ламп накаливания, хорошая цветопередача) и стандартных люминесцентных ламп (высокая световая отдача и длительный срок службы).

Светодиодные лампы последние 5…10 лет находят применение практически во всех отраслях народного хозяйства. Преимуществами светодиодных источников света являются: мощность ламп в 8…10 раз ниже в сравнении с лампами накаливания и в 1,5…2 раза – с люминесцентными лампами при такой же светоотдаче; длительный срок службы светильников (более 75 тыс. ч); их экологическая безопасность (не требуется специальная утилизация отработавших ламп).

Для выбора системы освещения разработана компьютеризированная модель системы освещения птичника, которая позволяет определять уровень освещенности на любом ярусе клеточной батареи, в зави-

симости от типа и мощности применяемых источников света, расстояния между лампами, расстояния между ярусами клеточной батареи и т. д. Данная компьютеризированная модель дает наглядное представление об уровнях освещенности по каждому ярусу клеточной батареи. Для одного из вариантов основные параметры модели показаны на рис. 6.5.



Рис. 6.5. Использование компьютеризированной модели для определения и оптимизации параметров систем освещения птичников

Из рис. 6.5 видно, что компьютеризированная модель имеет следующие возможности:

– можно задавать мощность и тип источников света;

– расстояние между лампами;

– расстояние между ярусами клеточной батареи;

– высоту подвески светильника от пола птичника;

– силу излучения света от каждого источника света.

Например, если взять за источник освещения стандартную лампу накаливания мощностью 40 Вт с расстоянием между светильниками 3 м, то с помощью компьютеризированной модели можно мгновенно установить уровни освещения вдоль всех ярусов клеточной батареи. Нормативная освещенность равна 15 лк, освещенность на уровне кор-

мушек первого яруса будет близка до 10,7 лк, на уровне второго – 16,4 лк, на уровне третьего – 31 лк; минимальная освещенность будет на уровне 10 лк, максимальная – 75 лк, средняя – 22 лк.

Наряду с применением новых источников освещения важным фактором является применение и разработка эффективных режимов освещения. Прерывистые режимы освещения, применяемые в птицеводстве, позволяют влиять как на экономичность систем освещения (снижение энергозатрат), так и на физиологическое развитие птицы.

Исследования по применению прерывистых режимов освещения в технологии выращивания молодняка кур яичной породы «Род-Айлэнд» показали, что затраты электроэнергии на освещение птичников снизились в 1,2…1,3 раза. При этом отмечалось положительное влияние прерывистых режимов освещения на показатели продуктивности птицы: повышается живая масса птицы, сохранность и выход кондиционного молодняка.

Для регулирования режимов освещения фирмой «Око» разработан и налажен выпуск микропроцессорного регулятора РО-15 (рис. 6.6).



Рис. 6.6. Регулятор освещения РО-15:
1 – корпус; *2* – вентилятор; *3* – индикатор режимов и уровней освещения; *4* – кнопки управления режимами освещения; *5* – индикаторы включения; *6* – автоматические выключатели

Регуляторы РО-15 позволяют применять различные прерывистые режимы в освещении птичников при выращивании и содержании птицы, а при изменениях освещенности по периодам использовать так

называемый режим «рассвет – закат», который позволяет экономить электроэнергию и продлить срок службы источников света.

Прибор подключается к сети через автоматические выключатели *6*, индикатор включения *5* сигнализирует о включении каждой из фаз. Индикатор режимов и уровней освещения (электронное табло) *3* используется для вывода нужной информации при настройке регулятора и во время эксплуатации. Кнопки управления *4* применяются для выбора нужной программы режима освещения и запуска регулятора в работу. Вентилятор *2* служит для отвода дополнительного тепла, создаваемого электронными компонентами регулятора.

Регулятор освещения использует до 20 программ прерывистых режимов освещения. Каждая программа предназначена для разных кроссов и возрастов птицы как при выращивании ремонтного молодняка, так и при содержании взрослого поголовья. Оператор выбирает необходимую программу для работы и далее регулятор самостоятельно контролирует выполнение прерывистого режима освещения в течение всего периода выращивания.

6.4. Основы расчета воздухообмена на животноводческом предприятии

Воздухообмен ($м^3/ч$), необходимый для поддержания допустимой концентрации углекислого газа, определяют по формуле

$$V_{CO_2} = m_ж C_ж / (C_1 - C_2), \qquad (6.1)$$

где $m_ж$ – число животных;

$C_ж$ – количество углекислого газа, выделяемое одним животным, л/ч;

C_1 – предельно допустимая концентрация углекислого газа в помещении, $л/м^3$, в коровнике составляет $C_1 = 2{,}5$ $л/м^3$;

C_2 – концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе, $л/м^3$, $C_2 = 0{,}3$ $л/м^3$.

Воздухообмен, обеспечивающий допустимое содержание в воздухе водяных паров,

$$V_w = Q_{вл} / \rho_в (d_в - d_н), \qquad (6.2)$$

где $Q_{вл}$ – общее количество влаги, выделяемое в помещении (учитывается количество влаги, выделяемое животными при дыхании и суммарное влаговыделение с открытой и смоченной поверхностей в помещении), г/ч;

$\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3;

$d_в$ и $d_н$ – влагосодержание соответственно внутреннего и наружного воздуха.

Влаговыделения в животноводческих помещениях

$$Q_{вл} = Q_ж + Q_{с.\,п} + Q_{м.\,п}, \quad (6.3)$$

где $Q_ж$ – расход водяных паров, выделяемых животными, г/ч;

$Q_{с.\,п}$ – расход испаряющейся со свободной поверхности влаги, г/ч;

$Q_{м.\,п}$ – расход испаряющейся со смоченной поверхности влаги, г/ч;

Влаговыделение со свободной поверхности

$$Q_{с.\,п} = \omega_{с.\,п} S_{с.\,п}, \quad (6.4)$$

где $\omega_{с.\,п}$ – удельное влаговыделение, г/(ч · м^2);

$S_{с.\,п}$ – свободная поверхность, м^2.

Количество влаги, испаряющейся со смоченной поверхности пола и стен,

$$Q_{м.\,п} = \omega_{м.\,п} S_{м.\,п}, \quad (6.5)$$

где $\omega_{м.\,п}$ – удельное влаговыделение, г/(ч · м^2);

$S_{м.\,п}$ – смоченная поверхность, м^2.

Из двух расчетных значений расходов вентиляционного воздуха V_{CO_2} и V_w принимают наибольшее.

Для характеристики воздухообмена пользуются понятием кратности воздухообмена, которая указывает на число смен воздуха в помещении в течение часа:

$$n = V_в / V_с, \quad (6.6)$$

где $V_в$ – расход вентиляционного воздуха, м^3/ч;

$V_с$ – строительный объем помещения, м^3.

Для взрослого поголовья при кратности воздухообмена $n < 3$ выбирают естественную вентиляцию, при n = 3,0...5 – принудительную вентиляцию без подогрева выдаваемого воздуха и при $n > 5$ – принудительную вентиляцию с подогревом подаваемого воздуха.

Сечение вытяжных и приточных каналов определяют по формуле

$$F = V_в / 3\,600 v_в, \quad (6.7)$$

где $v_в$ – скорость воздуха в вентиляционном канале, м/с.

Скорость воздуха (м/с) в вентиляционном канале зависит от разности температур внутри помещения и снаружи, а также длины шахты:

$$v_в = 2{,}3(h(t_1 - t_2) / 273)^{1/2}, \quad (6.8)$$

где h – высота канала, м;

$(t_1 - t_2)$ – разность температур внутреннего и наружного воздуха, °С.

Число вытяжных каналов определяют из выражения:

$$к_к = F / f, \quad (6.9)$$

где f – площадь сечения одного канала, м^2.

Исходными данными для выбора вентилятора служат требуемая подача и развиваемое давление (напор).

Требуемая подача вентилятора:

$$V = k_{потерь} V_в, \quad (6.10)$$

где $k_{потерь}$ – коэффициент, учитывающий потери или подсос воздуха в воздуховоде ($k_{потерь} = 1{,}1 \ldots 1{,}5$).

Общие потери напора (ΔH) складываются из потерь на трение воздуха о стенки воздуховода ($H_т$) и потерь от местных сопротивлений ($H_м$):

$$\Delta H = H_т + H_м. \quad (6.11)$$

Трение воздуха о стенки воздуховода определяется по формуле

$$H_т = \lambda_в \frac{l}{D} \frac{v_в^2}{2} \rho_в. \quad (6.12)$$

где $\lambda_в$ – коэффициент трения;

l и D – соответственно длина и диаметр воздуховода, м;

$v_в$ – скорость движения воздуха, м/с.

Местные сопротивления определяются по формуле

$$H_м = \sum \varsigma_м \frac{v_в^2}{2} \rho_в, \quad (6.13)$$

где $\sum \zeta_м$ – суммарный коэффициент сопротивления движения воздуха.

Давление вентилятора должно быть больше или равно ΔH.

Мощность электрического двигателя на привод вентилятора

$$N_{дв} = \frac{V \Delta H k_з}{\eta_н \eta_в}, \quad (6.14)$$

где $k_з$ – коэффициент запаса мощности двигателя ($k_з$ = 1,1 – для осевых вентиляторов, $k_з$ = 1,2…1,5 – для центробежных вентиляторов);

$\eta_в$ – КПД вентилятора;

$\eta_н$ – КПД передачи ($\eta_н$ = 1 – если рабочий орган вентилятора насажен на вал двигателя, $\eta_н$ = 0,98 – если валы соединены муфтой, $\eta_н$ = 0,95 – соединены клиноременной передачей).

Полученные показатели позволяют по каталогу подобрать вентилятор.

Методика расчета выбора калорифера строится следующим образом. Тепловой поток, необходимый для нагрева воздуха, определяют по формуле

$$Q = V_в \rho_в c_в \left(t_к - t_н\right), \qquad (6.15)$$

где $V_в$ – объемный расход воздуха, м^3/ч;

$\rho_в$ – плотность воздуха при средней температуре, кг/м^3;

$c_в$ – средняя удельная теплоемкость воздуха при средней температуре, кДж/(кг · С);

$t_к$ – температура воздуха после калорифера, °С;

$t_н$ – температура наружного воздуха до входа в калорифер, °С.

Расчетная площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха

$$F = \frac{V_в \rho_в}{3\,600 v_р}, \qquad (6.16)$$

где $v_р$ – расчетная скорость воздуха, кг/(м^2 · с), для пластинчатых калориферов – $v_р$ = 7...10 кг/(м^2 · с), для оребренных – $v_р$ = 3...5 кг/(м^2 · с).

По таблицам конструктивных характеристик подбирают модель и номер калорифера с площадью живого сечения по воздуху, близкой к расчетной.

6.5. Практическая работа 8. Расчет вентиляции фермы

Цель работы. Выбрать вентилятор для животноводческого помещения.

Содержание работы. На основании поголовья животных на ферме и заданных требований к вентиляции фермы выбрать марку вентилятора.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 7.

Объем приточного воздуха определяют из расчета растворения углекислоты до допустимой концентрации и предельно допустимого содержания водяных паров. При таком воздухообмене происходит поглощение и других вредных веществ (аммиак, сероводород, пыль), выделяющихся в помещении в значительно меньших количествах. Количество приточного воздуха, необходимого для понижения концентрации углекислоты, вычисляют по формуле

$$V_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^{k} m_i P_i}{P_1 - P_2}, \qquad (6.17)$$

где m_i – число животных в помещениях, гол.;

P_i – количество CO_2, выделяемое одним животным данного вида, дм^3/ч, P_i = 1,76 дм^3/ч;

P_1 – допустимая норма CO_2 в помещении, дм^3/м^3 (P_1 = 2,5 дм^3/м^3);

P_2 – содержание CO_2 в наружном воздухе, дм^3/м^3 (P_2 = 0,3 дм^3/м^3).

Воздухообмен, способствующий удалению избыточного тепла, определяют по формуле

$$V_T = \frac{\sum Q}{c\left(t_в - t_н\right)\rho_в}, \qquad (6.18)$$

где ΣQ – общее количество избыточного тепла, выделяемого животными, кДж/ч;

c – удельная массовая теплоемкость воздуха, кДж/(кг · °С);

$t_в$ – температура воздуха внутри помещения, $t_в$ = 10 °С;

$t_н$ – температура наружного воздуха, $t_н$ = –15 °С;

$\rho_в$ – плотность воздуха, $\rho_в$ = 1,248 кг/м^3.

Количество тепла, выделяемого животными, определяют по формуле

$$Q = m_i q, \qquad (6.19)$$

где q – количество тепла, выделяемого одним животным, q = 4 200 кДж/ч.

Необходимый по содержанию влаги воздухообмен определяют по формуле

$$V_Н = \frac{\left(W_1 + W_2\right) m_i}{d_2\varphi_2 - d_1\varphi_1}, \qquad (6.20)$$

где W_1 – влага, выделяемая дыханием животного, W_1 = 424 г/ч;

W_2 – влага, выделяемая с поилок и пола, W_2 = 59,46 г/ч;

m – количество животных, гол.;

d_2 – содержание влаги в воздухе помещения, d_2 = 9,52;

d_1 – содержание влаги в наружном воздухе, d_1 = 1,64;

φ_2, φ_1 – относительная влажность внутреннего и наружного воздуха, $\varphi_2 = \varphi_1 = 0{,}8$.

Необходимый воздухообмен V для животноводческого помещения принимается *по наибольшей* из двух величин: $V_т$ или $V_н$.

Правильность расчета проверяют по кратности воздухообмена в одном помещении основного назначения:

$$m = \frac{V_п}{V}, \tag{6.21}$$

где $V_п$ – внутренний объем помещения основного назначения, м^3.

В животноводческих помещениях для холодного периода года кратность воздухообмена m = 3…5.

Площадь сечения всех вытяжных шахт при естественной тяге определяют по формуле

$$F = \frac{V}{3\,600v}, \tag{6.22}$$

где v – скорость движения воздуха в канале, м/с.

Скорость движения воздуха в канале определяют по формуле

$$v = 2,2\sqrt{\frac{h\left(t_в - t_н\right)}{273}}, \tag{6.23}$$

где h – высота вытяжного канала, м, h = 3…9 м.

Число вытяжных шахт определяют по формуле

$$n_{вш} = F / f, \tag{6.24}$$

где f – площадь сечения одной вытяжной шахты, м^2.

Приточная принудительная вентиляция осуществляется с помощью центробежных вентиляторов. Производительность вентиляторов $Q_в$ принимают по величине расчетного воздухообмена с учетом поправочного коэффициента на подсосы воздуха в воздуховодах: при стальных, пластмассовых и асбоцементных воздухопроводах длиной до 50 м – 1,1; в остальных случаях – 1,15:

$$Q_в = (1{,}1…1{,}15)V. \quad (6.25)$$

Число вентиляторов находят из того условия, что производительность одного вентилятора не превышает 8 000 м^3/ч.

Диаметр воздуховода рассчитывают по формуле

$$d = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{Q_в}{\pi v_в}}, \quad (6.26)$$

где $v_в$ – скорость воздуха в воздуховоде, м/с ($v_в$ = 10…12 м/с).

Напор вентилятора определяют по формуле

$$P = P_{дин} + P_{тр} + P_м, \quad (6.27)$$

где $P_{дин}$ – динамический напор, необходимый для сообщения воздуху соответствующей скорости, Па;

$P_{тр}$ – потери напора на преодоление сопротивления движению воздуха в воздуховоде, Па;

$P_м$ – потери напора от местных сопротивлений, Па.

Динамический напор определяют по формуле

$$P_{дин} = \frac{1}{2}\rho_в v_в, \quad (6.28)$$

где $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3 ($\rho_в$ = 1,248 кг/м^3).

Потери напора на преодоление сопротивления движению воздуха в воздуховоде рассчитывают по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$P_{тр} = \frac{l}{2d}\lambda_в \rho_в v_в, \quad (6.29)$$

где l – длина воздуховода, м;

$\lambda_в = \frac{(0{,}0124 + 0{,}0011)}{d}$ – гидравлический коэффициент сопротивления движению воздуха.

Потери давления на местные сопротивления при проходе воздуха через отверстия вычисляют по выражению

$$P_м = \sum \zeta \frac{v_в^2}{2}\rho_в, \quad (6.30)$$

где $\Sigma\zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений отдельных участков приточной системы (жалюзийная решетка на входе – ζ = 0,5, одно колено воздухопровода под углом 90° – ζ = 0,15, один отвод от воздухопровода – ζ = 0,2).

Установленная мощность электродвигателя для привода вентилятора определяют по формуле

$$N = \frac{Q_в P}{3\,600\eta_п}, \qquad (6.31)$$

где $\eta_п$ – КПД передачи (при непосредственной посадке колеса на вал электродвигателя принимают равным 1, при соединении вала вентилятора с валом электродвигателя с помощью муфты – 0,98, при клиноременной и плоскоременной передачах – соответственно 0,95 и 0,9).

Полученную мощность увеличивают: при N < 1,5 кВт – на 50 %, при N = 2…4 кВт – на 25 %, при N = 4…7 кВт – на 20 % и при N > 7,5 кВт – на 10 %.

Зная действительную мощность и частоту вращения, определяют тип электродвигателя и выбирают марку вентилятора.

6.6. Практическая работа 9. Расчет освещения фермы

Цель работы. Определить максимальную мощность освещения помещения и по каталогу выбрать тип лампы для животноводческого помещения.

Содержание работы. На основании характеристики помещений, типа светильника и высоты его подвеса определить максимальную мощность освещения помещения и по каталогу выбрать тип лампы.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 8.

Определить расстояние между светильниками по формуле

$$L = L_{опт} H_р, \qquad (6.32)$$

где $L_{опт}$ – оптимальное расстояние между светильниками, м;

$H_р$ – высота повеса светильника, м.

Расстояние между рядами светильников

$$L_{св} = kH_р, \quad (6.33)$$

где k – коэффициент неравномерности светового потока.

Расстояние от стены помещения до первого ряда светильников

$$L_1 = 0{,}3L_{св}, \quad (6.34)$$

где $L_{св}$ – расстояние между светильниками, м.

Расстояние между крайними рядами светильников по ширине помещения

$$L_2 = B - 2L_1, \quad (6.35)$$

где B – ширина помещения, м.

Количество рядов светильников по ширине помещения

$$n_р = L_2 / L_{св}. \quad (6.36)$$

Расстояние между светильниками в ряду

$$L_3 = 0{,}5H_Р, \quad (6.37)$$

где $H_Р$ – высота повеса светильника, м.

Расстояние между крайними светильниками по длине ряда

$$L_4 = A - 2L_1. \quad (6.38)$$

где A – длина помещения, м.

Количество светильников в ряду

$$n_{св} = L_4 / L_3 + 1. \quad (6.39)$$

Общее количество светильников в цехе

$$N_{св} = n_р n_{св}. \quad (6.40)$$

Максимальная мощность освещения

$$P_{max} = P_{уд} S, \quad (6.41)$$

где $P_{уд}$ – удельная мощность, Вт/м^2;

S – площадь помещения, м^2.

Мощность лампы одного светильника

$$P_л = P_{max} / N_{св}. \quad (6.42)$$

Таким образом, определив максимальную мощность освещения помещения, можно по каталогу выбрать тип лампы.

Глава 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОТОЧНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УБОРКИ И УДАЛЕНИЯ НАВОЗА

7.1. Способы содержания животных

В скотоводстве наибольшее применение находят два способа содержания животных – на подстилке и без подстилки.

На крупных фермах распространен *бесподстилочный способ* содержания животных. Он менее трудоемкий, так как допускает применение комплексной механизации и автоматизации работ, связанных с уборкой навоза из производственных помещений. При таком содержании животных получают жидкий (полужидкий) навоз. При *бесподстилочном способе* содержания животных навоз из стойл убирают 2...3 раза в сутки.

На небольших фермах крупного рогатого скота распространено содержание животных *на подстилке*. В этом случае получают твердый (густой) навоз.

Подстилка поглощает жидкие выделения животных и образующийся азот, улучшает физико-химические и биологические свойства навоза, который становится менее влажным, более рыхлым, легче разлагается при хранении. При наличии подстилки пол стойла более ровный, теплый и чистый, облегчаются перевозка навоза, внесение и заделывание его в почву.

Различные виды подстилки поглощают неодинаковое количество жидкости. Так, солома, опилки и измельченные стружки поглощают воду в количестве в 2...3 раза превышающем их массу (при влажности 10...14 %), а сухой верховой торф – в 5...7 раз.

7.2. Средства для удаления и утилизации навоза

По назначению навозоуборочные средства делят на средства очистки помещений, средства накопления и удаления навоза, средства транспортировки его и обработки с целью последующей утилизации.

Уборка навоза из животноводческих помещений может осуществляться двумя способами – механическим и гидравлическим.

Механические средства для удаления навоза.

При механическом способе уборки навоза применяют скребковые транспортеры и мобильные средства.

Цепочно-скребковый транспортер для удаления навоза кругового действия (рис. 7.1) предназначен для удаления навоза из животноводческих помещений с привязным содержанием коров и одновременной погрузкой навоза в транспортные средства. В его состав входят горизонтальный и наклонный транспортеры, приведение в действие которых осуществляется посредством индивидуальных электроприводов.

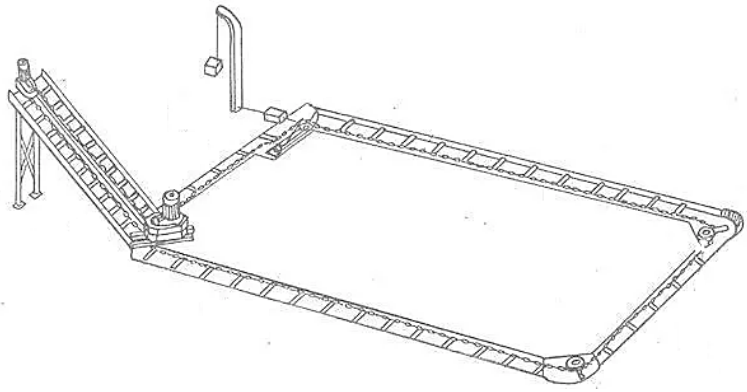


Рис. 7.1. Схема скребкового навозоуборочного транспортера

Скреперные установки с возвратно-поступательным движением рабочих органов или дельтаскрепера обеспечивают механическую транспортировку навоза из животноводческих помещений и его подачу с помощью специальных поперечных навозоуборочных конвейеров в навозосборники или транспортное средство.

Транспортеры с возвратно-поступательным движением в зависимости от вида тягового органа делятся на штанговые и тросовые, а по расположению оси подвески скребков – на устройства с вертикально расположенной осью, когда скребки разворачиваются в горизонтальной плоскости параллельно дну желоба, и с горизонтально расположенной осью, когда скребки разворачиваются в продольно-вертикальной плоскости.

Скреперная установка с вертикально расположенной осью (рис. 7.2) предназначена для удаления бесподстилочного навоза из открытых продольных проходов в коровниках длиной до 80 м при боксовом и комбибоксовом содержании животных. Установка может работать в двух режимах – ручном и автоматическом.

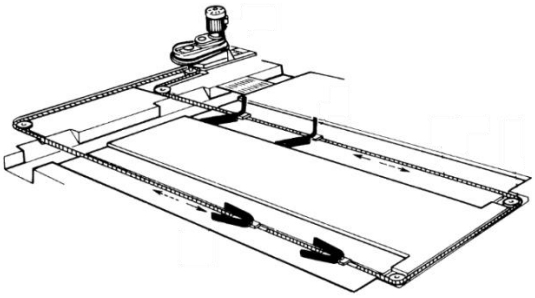


Рис. 7.2. Схема скреперной установки

При двух- и четырехрядном расположении стойл коровников применяют навозоуборочную установку (рис. 7.3), в состав которой входят *два горизонтальных штанговых транспортера возвратно-поступательного движения*. Скорость движения скребков транспортера изменяется в пределах 0,2...0,4 м/с.

Автоматизированные системы навозоудаления.

Регулярная и полная уборка навоза в животноводческих помещениях является необходимым условием получения высококачественной продукции животноводства, обеспечения требуемого микроклимата и санитарного состояния ферм, сохранения здоровья животных и обслуживающего персонала. Но удаление навоза из животноводческих помещений – один из наиболее трудоемких процессов на ферме. В связи с этим для сокращения затрат труда и обеспечения качественной и своевременной уборки навоза в животноводческих помещениях за рубежом были разработаны автоматизированные системы навозоудаления.

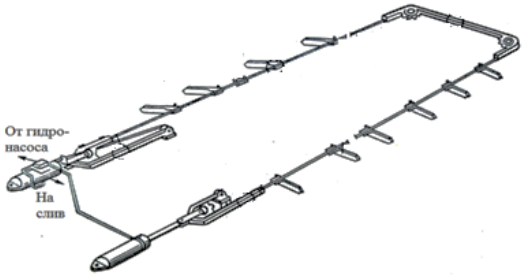


Рис. 7.3. Транспортер возвратно-поступательного движения

Конструктивное исполнение навозоуборочного оборудования зависит главным образом от его целевого назначения, т. е. для уборки каких навозных проходов они предназначены: со сплошными или щелевыми полами.

Для очистки навозных проходов со сплошными полами используются скреперные роботизированные установки, обеспечивающие сбор навоза с поверхности пола и транспортировку навозной массы к поперечному навозному каналу. Автоматизированные навозоуборочные системы такой конструкции выпускает ряд ведущих производителей.

Французская фирма Sermap Sas (торговая марка – MIRO) для уборки подстилочного и бесподстилочного навоза из навозных проходов со сплошными полами разработала автономную скреперную установку ***Scarabeo***, основными частями которой являются комбискрепер, блок управления, зарядное устройство и направляющий профиль (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Автономная скреперная установка Scarabeo

Корпус скрепера установлен на колесах, приводимых в движение от мотор-редуктора с двумя аккумуляторными батареями. При возврате в исходное положение скребки автоматически переводятся в холостое положение. На конечной станции аккумуляторы заряжаются от зарядного устройства. Задание направления перемещения установки осуществляется за счет взаимодействия направляющего профиля скрепера с желобом, выполненным в навозном проходе помещения. Это позволяет перемещать установку по дуге радиусом до 4 м. Кроме того, при разветвлении навозных проходов предусмотрена возможность использования системы стрелок (по аналогии с железнодорожными путями) и уборки навоза поочередно в каждом из них.

Блок управления обеспечивает работу установки в полностью автоматическом режиме по установленной программе с возможностью дистанционного управления рабочим процессом. Безопасная эксплуатация робота обеспечивается за счет функции остановки робота при столкновении его с препятствием. Одна установка может выполнять уборку навоза из навозных проходов длиной до 100 м (табл. 7.1).

Таблица 7.1. **Размеры скреперных установок Scarabeo и навозных проходов**

Размеры установки, мм		Ширина навозного прохода, мм	Максимальная длина навозного прохода при уборке, м	
корпус скрепера	длина внешних скребков		бесподстилочного навоза	подстилочного навоза
1 600×550×280	400	1,70–2,49	60	30
2 200×500×280	650	2,50–2,75	80	45
2 200×500×280	1 050	2,76–3,00	80	45
2 200×500×280	1 450	3,01–3,50	80	45
2 700×500×280	1 450	3,51–4,00	100	60
2 700×500×280	2 350	4,01–5,00	100	60

Скреперные установки с гидравлическим, тросовым или цепным приводом, работающие полностью в автоматическом режиме, предлагаются к продаже многими фирмами. Программное обеспечение систем управления современных установок позволяет настроить временные интервалы между рабочими циклами и другие параметры.

Безопасная эксплуатация скрепера обеспечивается благодаря наличию функции его остановки при столкновении с препятствием. При этом могут быть запрограммированы следующие этапы поведения оборудования в этой ситуации: 1) приостановка работы на 15…30 с; 2) попытка возобновления работы; 3) в случае невозможности возобновить движение, подача сигнала об аварийной ситуации (светового, звукового, по мобильной связи и др.).

Оборудование для уборки навоза в проходах со щелевыми полами.

При уборке навоза в проходах животноводческих помещений, оборудованных щелевыми полами, основной функцией используемых технических средств является проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем. Это и обусловило разработку для очистки щелевых полов мобильных роботов, работающих в автономном режиме. Такие машины имеют компактную конструкцию и оснащены электроприводом с питанием от аккумуляторных батарей, программируемой системой управления и рабочим органом в виде фронтального скребка.

Мобильный навозоуборочный робот Srone разработан фирмой GEA Farm Technologies (рис. 7.5). Основные элементы робота размещены на шасси с двумя большими приводными колесами и одним маленьким управляющим колесом. Энергоснабжение робота осуществляется от

аккумуляторных батарей, емкость которых обеспечивает работу робота в течение 19,5 ч в сутки. При такой продолжительности работы и рабочей скорости передвижения 4 м/мин робот может очищать от навоза поверхность решетчатых полов в животноводческих помещениях до 8 раз в сутки на площади 6 000…8 600 м^2. Зарядная станция, входящая в комплект оборудования, за счет наличия функции быстрой зарядки позволяет всего за 4,5 ч (обычно в ночное время) производить полную зарядку аккумуляторных батарей.



Рис. 7.5. Навозоуборочный робот Srone фирмы GEA Farm Technologies

Высокое качество очистки проходов обеспечивается за счет оснащения скребка боковыми створками с роликами, а также очень высокой маневренностью робота (для полного его разворота требуется расстояние в 2 м). Для предотвращения буксования приводных колес и создания необходимого усилия для сдвигания навозной массы (до 100 кг) робот оснащен балластом, увеличивающим его общую массу до 400 кг, и приводными колесами с шинами с глубоким протектором.

Контакт боковых створок скребка с бортиком навозного канала в сочетании с сенсорами расстояния дает возможность роботу автономно следовать по заданному маршруту. При потере контакта боковых створок бортиком навозного канала (например, при движении по криволинейной траектории, отклонении от маршрута, начале работы и т. д.) система управления поворачивает робота в сторону бортика вплоть до соприкосновения с ним.

Возможно запрограммировать два режима зарядки аккумуляторов робота: 1 раз в сутки по 6 ч или 2 раза в сутки по 4 ч каждый. Каждые 28 дней робот осуществляет зарядку аккумуляторов в непрерывном режиме в течение 10 ч (функция запрограммирована на заводе и выполняется автоматически). Безопасная эксплуатация Srone обеспечива-

ется наличием функции остановки робота, когда сопротивление его движению превышает допустимое значение. Спустя определенное время после остановки робот возобновляет движение по запланированному маршруту.

Навозоуборочный робот RS250 аналогичной конструкции разработала фирма DeLaval. На его шасси, как и у Srone, размещены электропривод с аккумуляторными батареями, фронтальный скребок и автоматическая система управления с интегрированной функцией безопасной эксплуатации робота. Программируется маршрут передвижения RS250 вручную с использованием портативного контроллера (рис. 7.6).



Рис. 7.6. Навозоуборочный робот RS250 фирмы DeLaval

Емкость аккумуляторных батарей робота RS250 позволяет в коровнике на 250 гол. очищать щелевые полы от навоза до 5 раз в сутки без подзарядки.

Фирма JOZ (Нидерланды) разработала робот JOZ-Tech для удаления навоза со щелевых полов. Он, как и предыдущие аналоги, состоит из шасси, электропривода, аккумуляторных батарей, автоматической системы управления и скребка (рис. 7.7).



Рис. 7.7. Навозоуборочный робот JOZ-Tech фирмы JOZ

Программное обеспечение системы управления робота JOZ-Tech позволяет выполнять в автоматическом режиме перемещения по установленному маршруту (за счет установленных в полу проходов датчиков), необходимую периодичность уборки, аварийные остановки и др.

Система безопасной эксплуатации дает возможность при необходимости самостоятельно находить альтернативные пути движения робота, если какие-либо препятствия делают невозможным его следование по запрограммированному маршруту.

Робот оснащен модемом для беспроводной связи с центральным пультом управления фермы, благодаря чему информация о сбоях и аварийных ситуациях сразу поступает в диспетчерскую. При перемещении со скоростью 4 м/мин, продолжительности непрерывной работы 18 ч и максимальной ширине захвата скребка в пределах 130…190 см, робот способен за сутки очистить до 8 000 м^2 поверхности решетчатых полов.

Используя свои многочисленные наработки в области создания роботизированных систем для животноводства, фирма Lely для уборки навоза со щелевых и коротких (до 5 м) сплошных полов коровников разработала мобильный робот Discovery (рис. 7.8).



Рис. 7.8. Навозоуборочный робот Discovery

Робот Discovery работает от аккумуляторной батареи и оснащен рабочим органом в виде скребка. Маршрут движения робота программируется с дистанционного пульта управления по электронным каналам связи E-Iink. С целью более интенсивной очистки наиболее загрязненных участков оператор имеет возможность внести соответствующие изменения в уже введенное задание.

Заранее программируется и расстояние робота от внешних конструктивных ограждений коровника, которое поддерживается при всех его перемещениях с помощью ультразвукового датчика. Отправным

пунктом для выполнения каждого запрограммированного маршрута уборки является зарядная станция.

Оригинальным элементом конструкции навозоуборочного робота Discovery является расположенная в его передней части вращающаяся дуга безопасности, которая служит для предотвращения блокирования движения робота при его столкновении с препятствиями.

Роботы для очистки станочного оборудования.

При очистке станочного оборудования для содержания свиней от загрязнений (в основном от навоза) в последнее время достаточно часто используют моечно-дезинфекционные машины высокого давления. Такое оборудование обеспечивает высокое качество очистки и в значительной степени механизирует процесс уборки технологического оборудования. В то же время мойка станков сопровождается выделением в воздух помещения большого количества соединений аммиака, бактерий, грибковой микрофлоры, в результате у обслуживающего персонала возникают проблемы со здоровьем (насморк, воспаление глаз, повышение температуры и др.).

Для исключения негативных последствий использования моечных машин высокого давления на здоровье работников специалисты фирмы Ramsta Robotics (Швеция) разработали моечный робот Clever Cleaner (рис. 7.9).



Рис. 7.9. Моющий робот Clever Cleaner фирмы Ramsta Robotics

Робот представляет собой шасси с электроприводом, на котором смонтированы рука-манипулятор и барабан для наматывания до 50 м шланга подачи моющего раствора. Для эффективной работы робота необходима моечно-дезинфекционная установка производительностью 0,96…1,08 $м^3$/ч и давлением моющего раствора 18…20 МПа, которая размещается в животноводческом помещении отдельно.

Максимальный радиус зоны досягаемости руки-манипулятора 4 м, на ее конце установлены гидравлическая фреза для очищения станочного оборудования от прочных загрязнений и сопло для формирования струи моющего раствора (эффективная дальность действия струи до 5,5 м).

Программирование робота осуществляется путем его обучения выполнению некоторой последовательности технологических операций. Так, при первой мойке одного станка оператор управляет движениями руки-манипулятора вручную джойстиком, а все выполняемые им операции автоматически заносятся в память системы управления.

Для мойки технологического оборудования во всем проходе по обе его стороны наносятся маркеры (RFID-метки) в местах остановки робота. Так формируется технологический план мойки технологического оборудования всего помещения. После программирования системы управления робота для запуска его в работу необходимо лишь ввести номер соответствующего технологического плана, после этого все предусмотренные планом операции будут выполняться в автоматическом режиме.

При возникновении нештатной ситуации (например, блокирование манипулятора) система управления прерывает выполнение текущей операции и выдает аварийный сигнал, для обработки которого робот оснащен интеллектуальной системой самодиагностики. Она контролирует работу всех приводных механизмов и выводит на пульт оператора сведения обо всех сбоях. Аварийный сигнал может передаваться по сотовой связи сразу на несколько номеров мобильных телефонов (до четырех).

Опыт подтверждает, что Clever Cleaner выполняет 80…85 % от общего объема работ по мойке технологического оборудования для содержания свиней. Специалисты фирмы подсчитали, что для обеспечения рентабельности установка должна работать не менее 300 ч в год.

7.3. Определение суточного выхода навоза на ферме

Суточный выход навоза можно определить по формуле

$$Q_{\text{сут}} = q_{\text{сут}} m_{\text{ж}}, \tag{7.1}$$

где $q_{\text{сут}}$ – суточный выход навоза от одного животного, кг;

$m_{\text{ж}}$ – поголовье животных, гол.

Суточный выход навоза от одного животного вычисляют по формуле

$$q_{\text{сут}} = q_{\text{э}} + G_{\text{тв}} + G_{\text{см}} + \text{П}, \qquad (7.2)$$

где $q_{\text{э}}$ – суточный выход экскрементов от одного животного, кг;

$G_{\text{тв}}$ – количество технологической воды в расчете на одно животное в сутки, кг ($G_{\text{тв}} = 2…5$ кг);

$G_{\text{см}}$ – количество смывной воды в расчете на одно животное в сутки, кг (в смывных системах навозоудаления $G_{\text{см}} = 5…15$ кг);

П – суточная норма подстилки в расчете на голову, кг.

Проблема механизации удаления и использования навоза включает в себя три больших вопроса:

– удаление навоза из животноводческих помещений и транспортировка его в хранилища;

– складирование, обеззараживание и хранение навоза;

– использование навоза.

Навоз из животноводческих помещений удаляют периодически или непрерывно.

Периодическое удаление предполагает применение механических средств (транспортеров, скреперов и др.) или отстойно-лотковой (шиберной), рециркуляционной и лотково-смывной системы.

Непрерывная уборка навоза основана на использовании самотечной системы удаления навоза под действием гравитационных сил.

7.4. Определение параметров систем удаления и утилизации навоза

Механизация удаления навоза из животноводческих помещений может быть осуществлена гидравлическим и механическим способами.

Гидравлическое удаление навоза следует проектировать на комплексах и фермах промышленного типа.

Самотечную систему проектируют в виде отдельных продольных каналов (лотков), перекрытых щелевыми полами и общего, для ряда животноводческих зданий, поперечного канала (коллектора), по которому жидкий навоз стекает в приемный резервуар, сблокированный, как правило, с насосной станцией.

Самосплавная система состоит из продольных (самотечных) и поперечных каналов. Поперечные каналы примыкают к навозосборнику.

В месте примыкания продольных каналов к поперечным делают порожки высотой 100...150 мм, которые предназначены для образования в продольном канале водяной подушки. При пуске системы навозоудаления в самотечный режим продольный канал заполняют из трубопроводов водой на высоту порожка.

Глубина навозных каналов зависит от высоты слоя навоза, при которых он начинает течь. Минимальную (начальную) глубину потока навоза, при которой возможно движение вязкопластической массы по каналу единичной ширины, можно определить по формуле

$$h_0 = \sqrt{\frac{2\sigma_0 L_к}{\rho_н g}}, \qquad (7.3)$$

где σ_0 – предельное напряжение сдвига, Па;

$L_к$ – длина канала, м;

$\rho_н$ – плотность навозной массы, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Предельное напряжение сдвига жидкого навоза возрастает с уменьшением его влажности. Так, при снижении влажности навоза с 94 до 82 % предельное напряжение сдвига соответственно увеличивается с 1,5 до 100 Па для крупного рогатого скота и с 1,2 до 90 Па для свиней.

Начальную $H_н$ и конечную $H_к$ глубину самотечного канала определяют по формулам

$$H_н = \Delta h + h_0 + h_{сл} + h_{рез}; \qquad (7.4)$$

$$H_к = h_{пор} + h_{сл} + h_{рез} + h_0, \qquad (7.5)$$

где Δh – превышение высоты порожка над дном канала в начальной его части, м;

$h_{сл}$ – толщина жидкого слоя над порожком, $h_{сл}$ = 0,05...0,1 м;

$h_{рез}$ – резервная глубина канала, м, $h_{рез}$ = 0,3...0,35 м;

$h_{пор}$ – высота порожка, м.

Самотечная система периодического действия (лотково-отстойная) отличается от самотечной непрерывного действия тем, что в ней предусмотрено накопление навоза в навозоприемных каналах, выход которых перекрыт шиберами. Навозная масса накапливается в продольных каналах в течение нескольких суток.

Для периодического спуска навозной массы (через 7...14 дней) шибера открывают. Для ее разжижения добавляют воду.

Высоту шибера можно определить по формуле

$$h_{ш} = \frac{2B_{к}\sigma_{к}}{q_{н}B_{к}i - 2\sigma_{к}}, \qquad (7.6)$$

где $B_{к}$ – ширина канала, м;

$\sigma_{к}$ – касательное напряжение, Па/м;

i – уклон канала (i = 0,02).

Минимальная ширина продольного канала для привязного (боксового) содержания крупного рогатого скота определяют по формуле

$$B_{к} = 2\left[l_{к}\left(1 - k_{с}\right) + 0,2\right], \qquad (7.7)$$

где $l_{к}$ – длина туловища животного, м;

$k_{с}$ – коэффициент ($k_{с}$ = 0,91 – для стада животных с одинаковыми размерами и $k_{с}$ = 0,88 – с разными размерами).

Минимальную ширину продольного канала для свиней при их содержании в групповых станках определяют по формуле

$$B_{к} \geq l_{ж} - \left(A + Д\right), \qquad (7.8)$$

где $l_{ж}$ – длина животного, м;

A – ширина сплошной бетонной полосы, м (A = 0,2…0,3 м);

Д – часть ширины кормушки, занимаемая головой животного при кормлении, м.

Ширину продольных каналов в свинарниках с содержанием животных в индивидуальных станках и боксах определяют по формуле

$$B_{к} \geq L_{с} - l_{ж} + l_{п}, \qquad (7.9)$$

где $L_{с}$ – длина станка или бокса, м;

$l_{п}$ – длина части щелевого пола, на котором животное находится в зафиксированном положении, м ($l_{п}$ = 0,35…0,5 м).

Высоту порожка можно определить по формуле

$$h_{пор} = \frac{\alpha_{в}\rho_{н}}{\alpha_{п}\rho_{в}} h_{ш}, \qquad (7.10)$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент, учитывающий количество воды, которое добавляется в навозную массу ($\alpha_{в}$ = 0,19…0,20);

$\alpha_п$ – коэффициент, учитывающий содержание навоза ($\alpha_п$ = 0,8…0,9);

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3.

Система прямого гидросмыва навоза заключается в следующем. Продольные каналы устраивают с уклоном 0,007...0,01, а поперечные – с уклоном 0,02...0,03. Для удаления и транспортировки навозной массы техническая вода подается под давлением 0,2...0,3 МПа. На один объем экскрементов расходуется 6...10 объемов воды.

Бесканальный гидросмыв навоза с напольных мест дефекации проводят с помощью гидросмывных установок, значительно сокращающих по сравнению с прямым гидросмывом количество расходуемой воды, эксплуатационные расходы и капитальные вложения на строительство. При таком способе не требуется устройство каналов и решетчатых полов, а гидросмывные установки монтируют в проемах разделительных перегородок.

Механическое удаление навоза следует проектировать:

– на фермах крупного рогатого скота при стойлово-пастбищном с применением подстилки;

– в родильных отделениях, профилакториях, при хранении навоза под полом помещения;

– на открытых откормочных площадках (в обоснованных случаях допускается установка скреперных механизмов в каналах, перекрытых решетками).

К стационарным механизированным средствам удаления навоза относятся скреперные установки.

Подача скребкового транспортера

$$Q_{тр} = l_с h_с v_с \rho_н k_ц, \qquad (7.11)$$

где $l_с$ – длина скребка, м;

$h_с$ – высота скребка, м;

$v_с$ – средняя скорость скребка, м/с;

$\rho_н$ – плотность навоза, кг/м^3;

$k_ц$ – коэффициент заполнения межскребкового пространства ($k_ц$ = 0,5...0,6).

Продолжительность работы транспортера в течение суток

$$T_{сут} = Q_{сут} / (1\,000 Q_{тр}). \qquad (7.12)$$

Вместимость навозного канала определяют по формуле

$$W_{н.\,к} = h_к b_к L_к k_ц \rho_н, \quad (7.13)$$

где $L_к$ – длина навозного канала, м.

Число включений транспортера в сутки

$$к_{вк} = Q_{сут} / (1\,000 W_{н.\,к}). \quad (7.14)$$

Если навоз сдвинут скотниками в навозный канал до включения транспортера, то цепь транспортера должна совершить один оборот на полную свою длину L, чтобы освободить навозный канал. При этом продолжительность одного цикла удаления

$$T_ц = L / (3\,600V). \quad (7.15)$$

Время сдвигания навоза в канал скотниками

$$T_{ск} = m_ж t_{сд} / (60к_{ск}), \quad (7.16)$$

где $m_ж$ – поголовье животных;

$t_{сд}$ – продолжительность сдвигания навоза со стойла в навозный канал, мин;

$к_{ск}$ – число скотников.

Общее время цикла удаления навоза

$$T_{ц.\,общ} = T_ц + T_{ск}. \quad (7.17)$$

Производительность поточной линии (участка) удаления навоза за один цикл включения механических транспортных средств

$$Q_л = Q_{сут} / (T_ц к_{вк}). \quad (7.18)$$

Площадь хранилища для твердого навоза определяется по формуле

$$S = Q_{сут} Д / h_н \rho_н, \quad (7.19)$$

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

Д – продолжительность хранения, дн. (Д = 150…180 дн.);

$h_н$ – высота укладки навоза, м (обычно $h_н$ = 1,5…2,5 м).

Твердую фракцию навоза доставляют в навозохранилище, а жижу собирают в жижесборники.

На ферме рекомендуется строить одно навозохранилище для всех животноводческих помещений.

Вместимость навозоприемника вычисляют по формуле

$$W_{нп} = Q_{сут} t_р / \rho_н, \quad (7.20)$$

где $t_р$ – время ремонта или замены насоса, равное 2...3 ч.

Навоз в зависимости от его консистенции от помещения до навозохранилища удаляют самосплавом, перевозят в тракторных прицепах 2ПТС-4М-785А. При использовании фекальных насосов рекомендуется устанавливать измельчающие устройства.

7.5. Определение параметров систем получения биогаза из навоза

Биогаз – это продукт жизнедеятельности гнилостных анаэробных (не зависящих от кислорода) микроорганизмов, которые питаются любой органикой, в том числе той, что содержится в навозе или помете.

Основа биогаза – метан (CH_4), который не имеет цвета и запаха, а по теплотворной способности сопоставим с природным газом и заметно уступает таким углеводородам, как ацетилен, пропан или бутан.

Помимо метана, биогаз содержит небольшое количество сероводорода и других летучих веществ с сильным запахом, поэтому он сильно пахнет, причем этот запах очень похож на тот, который можно встретить на старых болотах.

Биогазовая установка выполняет функцию утилизации навоза, переработки и не потребляет энергию, а производит ее – из 1 $м^3$ биогаза в генераторе можно выработать 2 кВт · ч электроэнергии.

При производстве биогаза остается побочный продукт – более качественное удобрение, чем при компостировании, 1 т таких удобрений заменяет 100 т навоза.

Навоз, переработанный биогазовой установкой, усваивается растениями в первый год на 80 %, во второй год – на 20 %.

Переработанный навоз можно использовать: как удобрение, подстилку, защитный слой для почвы, сырье для производства гранулированного топлива для котлов.

Для получения биогаза свежие экскременты помещают в биореактор, который герметично закрывают, в связи с чем все процессы происходят с минимальным участием кислорода (рис. 7.10).

Биореакторы изготавливают в виде термоса, причем внутренняя емкость обложена надежной теплоизоляцией, благодаря чему бактерии быстро нагревают содержимое, и его температура держится на уровне 50…60 °С.

Высокая влажность и достаточная температура помогает бактериям эффективно перерабатывать органику, в результате чего получаются:

– биогаз;

– техническая (пригодная для полива) вода;

– ил (можно использовать в качестве комплексного удобрения).

Чем больше объем навоза, тем быстрей бактерии вырабатывают биогаз, который постепенно наполняет верхнюю часть емкости, формируя в ней небольшое давление. Это благотворно влияет на деятельность всех микроорганизмов, участвующих в процессе.

Когда давление достигнет оптимального значения, откроется клапан, и газ начнет наполнять газопровод, который соединяет его с накопителем или потребителем.

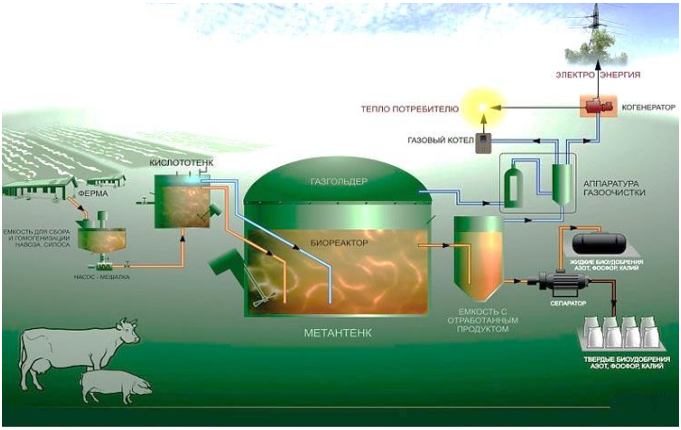


Рис. 7.10. Схема биогазовой установки

Некоторые схемы биореакторов изготавливают без клапанов, поэтому газ сразу же поступает в трубу, а небольшое давление формируется за счет ограничения подачи газа с помощью специальных жиклеров.

Несмотря на довольно большие капитальные затраты, а также удельное количество выделяемого газа, этот способ утилизации применяется.

Сырье для него поступает регулярно, а готовое горючее можно использовать не только для отопления коровника или других строений, в которых держат птицу или скот, но и для работы газовых электрогенераторов.

Этот способ переработки востребован там, где нет возможности использовать для отопления сетевой газ, а топить электричеством очень дорого из-за высоких тарифов.

Если из навоза получают биогаз, то объем навозоприемника определяют по формуле

$$V_{\text{н}} = Q\rho_{\text{н}} t_{\text{н}} k_{\text{в}}, \tag{7.21}$$

где $t_{\text{н}}$ – время накопления навоза ($t_{\text{н}} = 2$ сут);

$k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий изменения плотности навоза в зависимости от исходной влажности ($k_{\text{в}} = 1{,}5$).

Объем емкости для нагрева определяют по формуле

$$V_{\text{о}} = Q_{\text{сут}}\rho_{\text{н}} t_{\text{о}} k_{\text{в}}^{/}, \tag{7.22}$$

где $t_{\text{о}}$ – время нагрева, сут ($t_{\text{о}} = 1$ сут);

$k_{\text{в}}^{/}$ – коэффициент, учитывающий изменение объема в зависимости от температуры нагрева, $k_{\text{в}}^{/} = 1{,}0\ldots1{,}2$.

Объем метантанка определяют по формуле

$$V_{\text{м}} = \frac{Q_{\text{сут}}\rho_{\text{н}}}{q}, \tag{7.23}$$

где q – суточная доза загрузки метантанка, % ($q = 4{,}5\ldots18$ %).

Суточный выход биогаза определяют по формуле

$$V_{\text{б}} = Q_{\text{сут}} V^{/}, \tag{7.24}$$

где $V^{/}$ – выход биогаза, приходящийся на 1 т навоза, м^3, ($V^{/} = 20$ м^3).

Объем газгольдера определяют по формуле

$$V_{\text{г}} = \frac{V_{\text{б}} t_{\text{н. б}}}{24}, \tag{7.25}$$

где $t_{\text{н. б}}$ – время накопления биогаза за сутки, ч ($t_{\text{н. б}} = 18$ ч).

Общую тепловую энергию получаемого биогаза определяют по формуле

$$Q_{\text{общ}} = V_{\text{б}} C_{\text{б}}, \tag{7.26}$$

где $C_{\text{б}}$ – теплотворная способность биогаза, МДж/м^3 ($C_{\text{б}} = 24$ МДж/м^3).

Расход теплоты на нагрев исходного навоза определяют по формуле

$$Q_{\text{м. р}} = \frac{Q_{\text{сут}}\left(t_{\text{н1}} - t_{\text{н2}}\right) C_{\text{н}}}{\eta}, \tag{7.27}$$

где $C_н$ – теплоемкость навоза, кДж/(кг · °С), ($C_н$ = 4,06 кДж/(кг · °С);

$t_{н1}$, $t_{н2}$ – соответственно, начальная и конечная температура навоза, °С ($t_{н1}$ = 8 °С, $t_{н2}$ = 35 °С при мезофильном режиме и $t_{н2}$ = 55 °С при термофильном режиме);

η – КПД нагревательного устройства, η = 0,7.

Расход теплоты на собственные нужды рассчитывают по формуле

$$Q_{с.\,н} = \frac{Q_{м.\,р} + Q_{к.\,т}}{\eta}, \qquad (7.28)$$

где $Q_{к.\,т}$ – расход теплоты на компенсацию теплопотерь, МДж ($Q_{к.\,т}$ = 3 140 МДж на 1 000 м^3 метантанка).

Общее количество биогаза, идущего на собственные нужды, рассчитывают по формуле

$$V_{б.\,н} = \frac{Q_{с.\,н}}{C_б}. \qquad (7.29)$$

Выход товарного биогаза рассчитывают по формуле

$$V_{б.\,т} = V_б - V_{б.\,н}. \qquad (7.30)$$

Коэффициент расхода биогаза на собственные нужды определяют по формуле

$$\eta_б = \frac{V_{б.\,н}}{V_б}. \qquad (7.31)$$

Производительность технологического оборудования выбирают, исходя из продолжительности его работы, не превышающей длительность рабочей смены ($t_р < t_{см}$), при возможности использования для нужд фермы.

Минимальную тепловую мощность определяют по формуле

$$P_{мин} = \frac{V_б q_п}{t_р}, \qquad (7.32)$$

где $q_п$ – низшая теплота сгорания природного газа, МДж/м^3, ($q_п$ = 33,5 МДж/м^3).

Биогаз, состоящий из 63...68 % метана и 32...37 % двуокиси углерода, переходит в жидкое состояние при давлении 0,1 МПа и температуре –161,5 °С. В таком виде он занимает минимальный объем, что очень важно при использовании его в технических целях.

7.6. Практическая работа 10. Расчет линии удаления навоза

Цель работы. Выбрать оборудование для удаления навоза на животноводческой ферме.

Содержание работы. На основании поголовья животных на ферме выбрать оборудование, обеспечивающее бесперебойное удаление навоза на животноводческой ферме.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 9.

На животноводческих фермах и комплексах в сутки образовывается навоз, который необходимо удалить, а затем обеспечить соответствующее его хранение, переработку и использование в качестве удобрения.

Суточный выход навоза из определенного животноводческого помещения

$$Q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^{n} q_{\text{н}} m_i, \tag{7.33}$$

где $q_{\text{н}}$ – норма выхода навоза от 1 гол., принимаем $q_{\text{н}} = 35$ кг;

m_i – количество животных в данном помещении, гол.

Продолжительность работы транспортера за сутки:

$$t_{\text{ц}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{W_{\text{тр}}}, \tag{7.34}$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточный выход навоза из определенного животноводческого помещения, т;

$W_{\text{тр}}$ – производительность транспортера, т/ч.

Подача может быть определена по формуле

$$Q = \frac{V_{\text{с}} \rho_{\text{н}} \Phi}{t_{\text{ц}}}, \tag{7.35}$$

где $V_{\text{с}}$ – вместимость скрепера, м^3;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность навоза, $\rho_{\text{н}} = 0{,}8$ т/м^3;

Φ – коэффициент заполнения, $\Phi = 0{,}9\ldots1{,}2$;

$t_{\text{ц}}$ – длительность одного цикла, ч.

Для скреперной установки, работающей в двух навозных канавках, сопротивление движению скрепера определяют по формуле

$$P_{\text{с}} = P_1 + P_2, \tag{7.36}$$

где P_1 – сопротивление движению рабочей ветви, Н;

P_2 – сопротивление движению холостой ветви, Н.

Сопротивление движению рабочей ветви определяют по формуле

$$P_1 = 9{,}81\left[(M_н + M_с)\beta_с + q_т L_т f_т\right], \quad (7.37)$$

где $M_н$ – масса порции навоза, кг;

$M_с$ – масса скрепера, кг;

$\beta_с$ – приведенный коэффициент сопротивления перемещению навоза и скрепера (обычно $\beta_с = 1{,}8…2$);

$q_т$ – масса 1 м троса ($q_т = 0{,}4$ кг);

$L_т$ – длина троса, м;

$f_т$ – коэффициент трения между тросом и навозом ($f_т = 0{,}5…0{,}6$).

Масса порции навоза

$$M_н = L_т S \rho_н, \quad (7.38)$$

где S – площадь порции навоза, $S = 0{,}22$ м^2;

$\rho_н$ – плотность навоза, $\rho_н = 800$ кг/м^3.

Сопротивление движению холостой ветви определяют по формуле

$$P_2 = 9{,}8(M_с\beta_с + q_т L_т f_т). \quad (7.39)$$

Мощность двигателя скреперной установки определяют по формуле

$$N = \frac{P_с \rho_н \Phi}{t_ц}. \quad (7.40)$$

Для выбора навозохранилища необходимо иметь годовой выход экскрементов по животноводческому объекту:

$$Q_{год} = Q_{сут} n_{дн}, \quad (7.41)$$

где $n_{дн}$ – число дней работы транспортера в году, $n_{дн} = 250$ дн.

Необходимый объем навозохранилища:

$$V_{н\text{-}х} = \frac{Q_{год}}{H_б \rho_{экс}}, \quad (7.42)$$

где $H_б$ – высота бурта навоза; $H_б = 1{,}5…2{,}5$ м.

Из технологических соображений и по полученным результатам расчета принимаем навозоуборочный транспортер и определяем их число для одного коровника.

Глава 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

8.1. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения в животноводстве

Источники водоснабжения подразделяют на две основные группы:

– поверхностные источники воды – реки, озера, искусственные водоемы;

– подземные источники – грунтовые и межпластовые воды.

Для забора воды *из поверхностных источников* используют специальные устройства и сооружения – береговые или русловые.

Русловые водозаборы применяют в тех случаях, когда воду берут из средней части реки, имеющей пологие берега и небольшую глубину.

Береговые водозаборы применяют при достаточной глубине у берега реки и устойчивом грунте. *Однако* вода этих источников часто требует очистки или обеззараживания, что значительно увеличивает ее стоимость.

Воду из *подземных источников* используют через шахтные или трубчатые колодцы (буровые скважины).

Для водоснабжения животноводческих ферм, создания постоянного достаточного напора в водопроводной сети, а также формирования запаса воды на случай отключения насосной установки устанавливают *водонапорную башню* конструкции А. Рожновского (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Водонапорная башня Рожновского

Водонапорная башня оснащена погружным насосом, который опускают в скважину для того, чтобы он подавал воду в бак водонапорной башни, расположенный на высоте. Когда вода поднимется до верхней отметки в водонапорной башне, то насос отключается.

По мере того как вода разбирается из башни по магистрали, уровень поверхности снижается, и если вода достигает определенной отметки, то включается насос. Включение и отключение насоса осуществляется автоматически.

8.2. Оборудование для поения крупного рогатого скота, свиней и птицы

Для поения крупного рогатого скота при беспривязном содержании, свиней и птицы применяют поилки.

Индивидуальная автопоилка ПА-1А (рис. 8.2) предназначена для поения *крупного рогатого скота*. Поилку присоединяют к водопроводу посредством трубных вертикальных стояков.

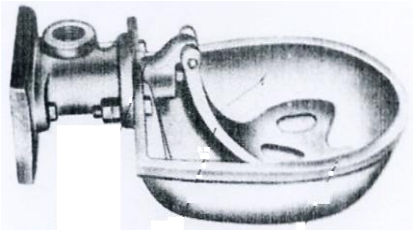


Рис. 8.2. Общий вид чашечной автопоилки ПА-1А

Шведская фирма De Laval (рис. 8.3) предлагает поилки, большая площадь водной поверхности которых способствует естественному процессу питья.



Рис. 8.3. Поилка для воды C20 фирмы De Laval

Немецкая фирма Suevia (рис. 8.4) выпускает ряд автопоилок с клапанным механизмом, аналогичным по устройству ПА-1А. Поилки изготавливают из пластмассы или эмалированного чугуна.



Рис. 8.4. Поилка для воды фирмы Suevia

Для *поения свиней* применяются бесчашечные сосковые поилки типа ПБС-1 различных размеров. Поилка имеет вид цилиндра, внутри которого имеется сосок (рис. 8.5).

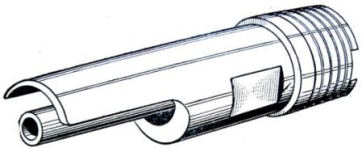


Рис. 8.5. Сосковая автопоилка ПБС-1

Индивидуальная сосково-шаровая поилка Aqua Globe (рис. 8.6) швейцарского производства отличается тем, что в этих поилках животные должно взять поилку в рот целиком, чтобы привести в действие шаровый клапан.



Рис. 8.6. Сосково-шаровая поилка Aqua Globe

Поилка самоочищающаяся для свиней ПСС-1 (рис. 8.7) предназначена для поения животных различных возрастных групп при индивидуальном и групповом содержании на свиноводческих фермах. Поилка состоит из литой поильной чаши, клапанного механизма.

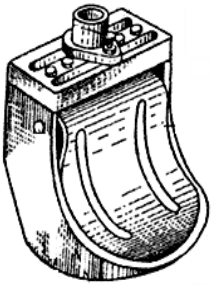


Рис. 8.7. Поилка ПСС-1

В птицеводстве наибольшее распространение получили вакуумные, ниппельные, чашечные и микрочашечные автопоилки.

Вакуумные поилки предназначены для поения цыплят при напольном содержании в первые дни выращивания. Такая поилка (рис. 8.8) состоит из стеклянного или пластмассового баллона *1* вместимостью 3…5 л и круглого поддона *2* диаметром около 230 мм.

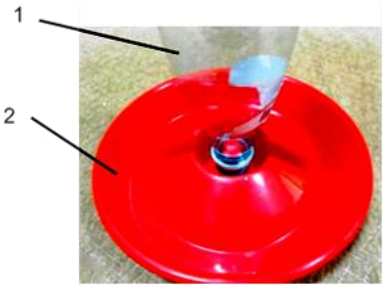


Рис. 8.8. Вакуумная автопоилка для птицы:
1 – баллон; *2* – поддон

Ниппельная поилка (рис. 8.9) предназначена для поения любой птицы при содержании в клетках или на полу и крепится на распределительном трубопроводе с интервалом 300…400 мм.



Рис. 8.9. Ниппельная автопоилка для птицы

За счет малого давления воды на конце нижнего клапана (ниппель) через каждые 30…40 с появляется капля воды, которая удерживается за счет капиллярного сцепления. Птица проклевывает и выпивает каплю. Для каждого типа птицы используют различные модификации ниппелей.

Микрочашечные поилки (рис. 8.10) предназначены для поения птенцов в возрасте до 10 дней и птиц продуктивного возраста. Поилка состоит из чаши, в которой установлен запорный механизм.



Рис. 8.10. Микрочашечная поилка

При необходимости птица нажимает клювом на язычок штока, вследствие чего пружина сжимается и клапан открывает доступ воде в чашку. При достаточном уровне воды шарик или шток действием пружины подымаются вверх и клапан перекрывает доступ воде в чашку.

8.3. Основы расчета потребления воды на ферме и оборудования для поения животных и птицы

Среднесуточный расход воды на ферме определяется по формуле

$$Q_{\text{ср. сут}} = (q_1 n_1 + q_2 n_2 + \ldots + q_m n_m)\alpha_{\text{сут}}, \quad (8.1)$$

где q_m – среднесуточная норма потребления воды потребителем, л;

n_m – количество потребителей;

$\alpha_{\text{сут}}$ – коэффициент суточной неравномерности, $\alpha_{\text{сут}} = 1{,}3$.

Максимальный часовой расход воды определяется по формуле

$$Q_{\text{max ч}} = Q_{\text{max сут}}\alpha_{\text{ч}} / 24, \quad (8.2)$$

где $\alpha_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности, $\alpha_{\text{ч}} = 2{,}3$.

Суточный расход насосной станции должен быть равен максимальному суточному расходу воды на помещении или ферме, а часовой расход станции (насоса) определяется по формуле

$$Q_{\text{нас}} = Q_{\text{max сут}} / \tau, \quad (8.3)$$

где τ – продолжительность работы насоса или станции в сутки, ч (принимается равным 7 или 14 ч).

Тип и марку насоса выбирают по величине расхода $Q_{\text{нас}}$ и требуемому напору.

Потребная мощность электродвигателя для привода насоса определяется по формуле

$$N = (Q_{\text{нас}}\rho H К_з g) / (\eta_{\text{п}}\eta_{\text{н}}), \quad (8.4)$$

где H – полный напор насоса, м;

$К_з$ – коэффициент запаса мощности, учитывающий возможности перегрузки во время работы насоса;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи от двигателя к насосу;

$\eta_{\text{н}}$ – КПД насоса.

Необходимая вместимость резервуара водонапорной башни

$$V_{\text{рез}} = (0{,}15\ldots0{,}20)\, Q_{\text{max сут}}. \quad (8.5)$$

Полученную вместимость резервуара округляют до стандартной.

Диаметр труб выбирают так, чтобы скорость воды в них не превышала 0,4…0,25 м/с. Диаметр труб внешнего водопровода на начальном участке, на котором проходит все количество воды, определяют по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{max}}{\pi \upsilon_в}}, \qquad (8.6)$$

где Q_{max} – максимальный секундный расход воды, м^3/с;

$\upsilon_в$ – скорость воды в трубах, м/с.

После определения диаметра трубопровода выбирают тип автопоилок и определяют необходимое их количество на животноводческой ферме или комплексе:

$$N = m_ж / к_i, \qquad (8.7)$$

где $m_ж$ – поголовье животных i-й группы, гол.;

$к_i$ – норма обслуживания животных i-го вида одной автопоилкой.

8.4. Организация водоснабжения

Тип водоподъемной установки зависит от расчетного расхода воды и напора. При равномерной подаче насосной станции расход воды рассчитывают по формуле

$$Q_{н.с} = \frac{\alpha Q_{max\ сут}}{T}, \qquad (8.8)$$

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку фильтров (α = 1,08...1,1);

$Q_{max\ сут}$ – суточное потребление воды на ферме, м^3;

T – продолжительность работы насосной станции в сутки, ч.

Полный напор насоса определяют по формуле

$$H = H_{в.г} + H_{н.г} + \sum h_в + \sum h_н, \qquad (8.9)$$

где $H_{в.г}$ – геодезическая высота всасывания, м;

$H_{н.г}$ – геодезическая высота нагнетания, м;

$\Sigma h_в$ и $\Sigma h_н$ – суммы потерь напора соответственно во всасывающей и напорной трубах, м.

Динамический напор приближенно находят по формуле

$$h = \sum h_н + \sum h_в = \frac{v_в^2}{2g}\alpha_1 \frac{L_{тр}}{d} + \sum \beta, \qquad (8.10)$$

где $v_в$ – скорость движения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

α_1 – коэффициент сопротивления, зависящий от скорости движения воды и материала труб (для чугунных и стальных труб $\alpha_1 = 0{,}02$, для бетонных – $\alpha_1 = 0{,}022$, для асбестоцементных – $\alpha_1 = 0{,}025$);

$L_{тр}$ – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

β – коэффициент местных сопротивлений, учитывающий потери напора в коленах, задвижках, клапанах и др.

По полному расчетному напору и подаче выбирают тип и марку насоса.

Мощность электродвигателя, необходимая для привода насоса

$$N_{дв} = \frac{Q_с k_{пр} \rho_в}{\eta_н \eta_п}, \qquad (8.11)$$

где $Q_с$ – секундный расход воды, м^3/с;

$k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий возможные перегрузки (при мощности двигателя до 50 кВт $k_{пр} = 1{,}2$);

$\rho_в$ – плотность воды, кг/м^3;

$\eta_н$ – КПД насоса (для центробежных насосов $\eta_н = 0{,}5...0{,}7$, для вихревых – $\eta_н = 0{,}25...0{,}5$);

$\eta_п$ – КПД передачи ($\eta_п = 0{,}95...0{,}97$).

8.5. Практическая работа 11. Расчет водопотребления на животноводческой ферме

Цель работы. Выбрать оборудование для бесперебойного водопотребления на животноводческой ферме.

Содержание работы. На основании среднесуточной нормы потребления воды рассчитать параметры трубопровода и выбрать насос, обеспечивающий бесперебойное водопотребление на животноводческой ферме.

Последовательность расчета.

Исходные данные для выполнения практической работы принимаются из прил. 10.

На животноводческих фермах вода расходуется на поение животных, а также на технологические, гигиенические, хозяйственные и противопожарные нужды. Расход воды на ферме зависит от вида животных, от выполняемых работ в течение суток и от времени года.

Согласно существующим нормам потребления воды различными группами животных и удовлетворения технологических нужд различных объектов фермы, рассчитывается средний суточный расход воды на ферме (комплексе) по формуле

$$Q_{\text{ср. сут}} = m_1 q_1 + m_2 q_2 + \ldots + q_n m_n, \tag{8.12}$$

где $q_1, q_2, \ldots, q_n$ – среднесуточная норма потребления воды одним потребителем, м^3/сут;

$m_1, m_2, \ldots, m_n$ – число потребителей, имеющих одинаковую норму потребления (голов, единиц и т. д.).

Среднесуточный расход воды летом выше, чем зимой. Неравномерность суточного водопотребления выражают коэффициентом суточной неравномерности. Тогда максимальный суточный расход воды на ферме или комплексе определяется по формуле

$$Q_{\text{max сут}} = Q_{\text{ср. сут}} k_1, \tag{8.13}$$

где k_1 – коэффициент суточной неравномерности, $k_1 = 1{,}3 \ldots 1{,}5$.

Для определения часовой потребности в воде необходимо учитывать, что в течение суток расход воды колеблется: в дневные часы он достигает максимума, а в ночное – минимума. При расчете максимального часового расхода воды принимается коэффициент $k_2 = 2{,}5$ и формула

$$Q_{\text{max ч}} = \frac{Q_{\text{max сут}} k_2}{24}. \tag{8.14}$$

Максимальный секундный расход рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{max с}} = \frac{Q_{\text{max ч}}}{3\,600}. \tag{8.15}$$

Часовая производительность насоса должна быть выбрана в зависимости от продолжительности работы водоподъемника и определяется по формуле

$$Q_{\text{н. ч}} = \frac{Q_{\text{max сут}}}{T}, \tag{8.16}$$

где T – продолжительность работы насосной станции, ч.

Секундная производительность насоса определяется по формуле

$$Q_{\text{н. с}} = \frac{Q_{\text{н. ч}}}{3\,600}. \tag{8.17}$$

Диаметр трубопровода для всасывающей и нагнетательной линии определяется как

$$d_{\text{н}} = 1{,}13\sqrt{\frac{Q_{\text{н. с}}}{v}}, \tag{8.18}$$

где v – скорость движения воды в трубопроводе, $v = 0{,}5\ldots1{,}25$ м/с.

Высота нагнетания водонапорного бака (резервуара) выбирается из расчета

$$H_{\text{н}} = H_{\text{свн}} + \sum h'_1 + \sum h''_1, \tag{8.19}$$

где $H_{\text{свн}}$ – величина свободного напора, м;

$\sum h'_1$ – сумма потерь напора по длине трубопровода, м;

$\sum h''_1$ – сумма местных потерь напора в трубопроводе, м.

Местные потери напора в трубопроводе и потери напора по его длине определяются по формулам

$$\sum h'_1 = il_j; \tag{8.20}$$

$$\sum h''_1 = h'_1 / 10, \tag{8.21}$$

где l_j – длина конкретного участка трубопровода, м;

i – гидравлический уклон, м.

Напор, создаваемый насосом, определяется по формуле

$$H_{\text{насоса}} = H_{\text{вс}} + H_{\text{н}} + H_{\text{б}} + \sum h, \tag{8.22}$$

где $H_{\text{вс}}$ – высота всасывания, м;

$H_{\text{н}}$ – высота нагнетания, м;

$H_{\text{б}}$ – высота бака, м.

$\sum h$ – сумма потерь напора на всасывающей и нагнетательной линиях, м.

Расчетная мощность приводного двигателя к насосу определяется по формуле

$$P_{\text{расч}} = \frac{\rho g Q_{\text{н. с}} H_{\text{насоса}}}{1\,000\eta_{\text{насоса}}\eta_{\text{передачи}}}, \tag{8.23}$$

где ρ – плотность воды, кг/м^3, $\rho = 1\,000$ кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$\eta_{насоса}$ – КПД насоса, $\eta_{насоса}$ = 0,4…0,64;

$\eta_{передачи}$ – КПД передачи, $\eta_{передачи}$ = 1.

С учетом коэффициента запаса мощность двигателя определяется по формуле

$$P_{дв} = P_{расч} k_{зап}, \quad (8.24)$$

где $k_{зап}$ – коэффициент запаса мощности, $k_{зап}$ = 1,3.

Далее с учетом всех параметров выбирают насос.

Глава 9. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Экономическая эффективность инновации выражается в снижении трудоемкости выполняемых производственных процессов, уменьшении эксплуатационных и энергетических затрат, а также в снижении себестоимости животноводческой продукции, полученной в результате применения технического и технологического новшества.

Организационно-экономическая оценка инновации в животноводстве может быть проведена на основе общей (абсолютной) или сравнительной экономической эффективности.

Первая характеризует степень эффекта от использования тех или иных определенных ресурсов, каких-то материально-денежных затрат, а вторая – позволяет оценить отдельные альтернативные варианты использования ресурсов, их замещения, т. е. дает возможность хозяйствующему субъекту сравнить, оценить и выбрать лучший, наиболее экономичный вариант.

9.1. Капитальные вложения в основные средства производства

Капитальные вложения (инвестиции) – это единовременные затраты денежных средств (капитала) для приобретения основных средств производства. В качестве показателя капитальных вложений (инвестиций) применяют *балансовую стоимость* основного средства, определяемую по формуле

$$Б_{сi} = Ц_{оi}(1 + \alpha_{тi} + \alpha_{мi}), \quad (9.1)$$

где $Ц_{оi}$ – оптовая (прейскурантная), отпускная цена *i*-го технического средства, руб.;

α_{ti} – коэффициент, учитывающий дополнительные торгово-транспортные и складские расходы, связанные с доставкой технического средства потребителю;

α_{mi} – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж, досборку, пуско-наладочные работы и обкатку технического средства.

Если установить балансовую стоимость машины (агрегата, узла) затруднительно, то балансовую стоимость в базовом и проектном вариантах можно упрощенно рассчитать по формуле

$$Б_{сi} = M_м Ц_{уд}, \tag{9.2}$$

где $M_м$ – масса машины (агрегата, узла) в базовом или проектном вариантах, кг;

$Ц_{уд}$ – удельная стоимость, руб/кг.

Расчет цены узла или детали машины производят по формуле

$$Ц_у = (С_м + С_о)К_р, \tag{9.3}$$

где $С_м$ – стоимость использованных материалов, руб.;

$С_о$ – себестоимость изготовления, руб.;

$К_р$ – коэффициент, учитывающий среднюю норму рентабельности относительно себестоимости изготовления узла или детали машины.

Стоимость использованных материалов определяют по формуле

$$С_м = \sum_{i=1}^{n} Ц_i М_i, \tag{9.4}$$

где $Ц_i$ – цена i-го материала, руб/кг;

$М_i$ – расход i-го материала, кг.

Себестоимость изготовления узла или детали подсчитывают по формуле

$$С_о = \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \sum_{i=1}^{n} С_{тчi} t_i К_{ув}, \tag{9.5}$$

где α – процент накладных расходов мастерской, где изготавливается узел или деталь, %;

$С_{тчi}$ – часовая тарифная ставка рабочих i-го вида работ, руб/ч;

t_i – трудоемкость i-го вида работ, чел.-ч;

$К_{ув}$ – коэффициент увеличения тарифных ставок.

Инвестиции в *капитальное строительство* животноводческих построек определяют по формуле

$$Б_{сп} = С_{см}К_{пр}n_{п}, \quad (9.6)$$

где $Б_{сп}$ – балансовая стоимость животноводческих построек (зданий и сооружений), руб.;

$С_{см}$ – сметная стоимость объекта строительства по типовому проекту, руб.;

$К_{пр}$ – коэффициент привязки;

$n_{п}$ – число однотипных построек.

При отсутствии типового проекта животноводческой постройки ее балансовую стоимость можно определить по удельному весу стоимости строительства 1 м^2 здания и сооружения. В этом случае используют формулу

$$Б_{сп} = FС_{удс}, \quad (9.7)$$

где F – площадь животноводческой постройки, м^2;

$С_{удс}$ – удельная сметная стоимость строительства 1 м^2 животноводческой постройки, руб.

Под *капиталоемкостью* (*фондоемкостью*) понимают удельные капитальные вложения в расчете на единицу механизированной работы, выполненной за срок полезного использования инвестиций ($Т_{пи}$) или произведенной продукции за этот же срок и определяют по формуле

$$К_{уд} = \frac{Б_{с}}{w_{ч}Т_{г}Т_{пи}}, \quad (9.8)$$

где $w_{ч}$ – производительность технического средства за 1 ч сменного времени, т/ч;

$Т_{г}$ – годовая загрузка (наработка) технического средства, ч.

Снижение капиталоемкости производственного процесса (работы) или продукции определяют по формуле

$$I_{к} = \left(\frac{К^{п}_{уд} - К^{б}_{уд}}{К^{б}_{уд}} \right) 100, \quad (9.9)$$

где $К^{п}_{уд}$ – удельные капитальные вложения в проектном варианте, руб.;

$К^{б}_{уд}$ – удельные капитальные вложения в сельскохозяйственную технику в базовом варианте, руб.

Срок возврата (окупаемости) капитальных вложений находят по формуле

$$t_{ок} = \frac{К}{ЧД}, \tag{9.10}$$

где К – сумма капитальных вложений (инвестиций) в основные средства производства, руб.;

ЧД – среднегодовой чистый доход в течение полезного срока использования инвестированных средств производства, руб.

Рентабельность инвестиций (*капитала*) в процентах:

$$R = \frac{ЧД}{К}100. \tag{9.11}$$

При сравнительной экономической оценке альтернативных вариантов вместо суммы капитальных вложений (К) учитывают только дополнительные капитальные вложения (ΔК).

9.2. Энерго- и ресурсосберегающие показатели

Относительная материалоемкость производственного процесса в расчете на единицу механизированной работы (или произведенной продукции) определяется по формуле

$$m_{в} = \frac{M_{м}}{Q_{ч} T_{г} T_{пи}}, \tag{9.12}$$

где $M_{м}$ – масса машины, кг;

$Q_{ч}$ – производительность технического средства (машины) за 1 ч сменного времени, т/ч;

$T_{г}$ – время работы машины в течение года (годовая загрузка), ч;

$T_{пи}$ – срок полезного использования технического средства, лет.

Энергоемкость механизированной работы, производственного процесса или продукции определяется как отношение эффективной мощности двигателя энергетического средства к производительности машины за 1 ч сменного времени:

$$Э = \frac{N_e \alpha}{Q_ч}, \quad (9.13)$$

где N_e – мощность электродвигателя, кВт;

α – коэффициент использования мощности двигателя на производственной технологической операции (работе).

Расход основного топлива на единицу работы (продукции) определяют по формуле

$$G = \frac{1}{Q_ч} N_e q \alpha, \quad (9.14)$$

где q – удельный расход топлива, кг/(кВт · ч).

Полную энергоемкость производства животноводческой продукции при применении той или иной технологии определяют по формуле

$$Э_{сз} = Э_{пэ} + Э_{оз}, \quad (9.15)$$

где $Э_{сз}$ – совокупные затраты энергии, МДж;

$Э_{пэ}$ – прямые энергозатраты, МДж;

$Э_{оз}$ – овеществленные энергозатраты, МДж.

Величину прямых энергетических затрат находят по соответствующим энергетическим эквивалентам:

– энергоемкость использованного жидкого топлива

$$Э_ж = \alpha_ж G; \quad (9.16)$$

– энергоемкость потребленной электроэнергии

$$Э_э = \alpha_э Р_э; \quad (9.17)$$

– энергозатраты живого труда

$$Э_т = \alpha_т Т_п, \quad (9.18)$$

где $\alpha_ж$ – энергетический эквивалент 1 кг потребленного жидкого топлива, МДж/кг;

$\alpha_э$ – энергетический эквивалент 1 кВт · ч электроэнергии, кВт · ч/МДж;

$\alpha_т$ – энергетический эквивалент 1 чел.-ч прямых затрат труда, чел.-ч/МДж;

$Т_п$ – прямые затраты труда на производство животноводческой продукции, чел.-ч.

Удельная энергоемкость произведенной продукции

$$Э_{уд} = \frac{Э_{сз}}{Q_{ж}}, \qquad (9.19)$$

где $Q_{ж}$ – объем производства животноводческой продукции за год, т.

Определив удельную энергоемкость животноводческой продукции в базовом и проектном вариантах, рассчитывают ее снижение в результате применения новой техники (технологии):

$$I_{э} = \left(1 - \frac{Э^{п}_{уд}}{Э^{б}_{уд}}\right)100, \qquad (9.20)$$

где $Э^{п}_{уд}$, $Э^{б}_{уд}$ – соответственно удельная энергоемкость по проектному и базовому вариантам, МДж/т.

9.3. Показатели трудоемкости и производительности труда

Затраты труда на выполнение машинной производственной операции в течение года рассчитывают по формуле

$$Т_{г} = Ч t_{м}, \qquad (9.21)$$

где Ч – количество основных и вспомогательных работников, обслуживающих машину, чел.;

$t_{м}$ – время работы машины в течение года, ч.

Имея данные о затратах труда в проектном и базовом вариантах, исчисляют *годовую экономию прямых затрат труда* по проектируемому варианту:

$$Э_{тп} = \left(Т^{б}_{п} - Т^{п}_{п}\right)Q^{п}_{жг}, \qquad (9.22)$$

где $Т^{п}_{п}$, $Т^{б}_{п}$ – соответственно трудоемкость механизированной работы в проектном и базовом вариантах, чел.-ч/ц;

$Q^{п}_{жг}$ – годовой объем производства продукции или механизированной работы в проектируемом варианте, т.

Затраты труда исполнителей на выполнение производственного процесса на животноводческой ферме или комплексе определяют по формуле

$$Т_{г.\,пр} = Г_{фр} Ч_{обс}, \qquad (9.23)$$

где $Г_{фр}$ – годовой фонд рабочего времени одного работника, ч;

$Ч_{обс}$ – среднегодовое количество обслуживающего персонала, чел.

Затраты труда на техническое обслуживание и ремонт используемых машин и оборудования рассчитывают по формуле

$$Т_{г.\,то} = \Sigma t_{тоi} n_i, \qquad (9.24)$$

где $t_{тоi}$ – трудоемкость технического обслуживания и ремонта i-го технического средства в году, чел.-ч;

n_i – количество установленных и используемых в технологическом процессе технических средств, шт.

Рост производительности труда в проектируемом варианте по сравнению с базовым вариантом исчисляют по формуле

$$Р_{пт} = \frac{П_т^п}{П_т^б} 100, \qquad (9.25)$$

где $П_п^п$, $П_п^б$ – соответственно производительность труда в проектном и базовом вариантах, т/чел.-ч.

9.4. Эксплуатационные затраты

Величину эксплуатационных издержек определяют на среднегодовой объем механизированной работы:

$$И_э = О_т + С_н + Э_л + Г_{см} + Р_{то} + И_{хс} + А + П_з, \qquad (9.26)$$

где $О_т$ – оплата труда обслуживающего персонала, руб.;

$С_н$ – отчисления на социальные нужды единым платежом, руб.;

$Э_л$ – стоимость потребленной электроэнергии, руб.;

$Г_{см}$ – стоимость израсходованного топлива и смазочных материалов, руб.;

$Р_{то}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание средств механизации, руб.;

$И_{хс}$ – издержки, связанные с хранением (консервацией) и обязательным страхованием технических средств, руб.;

А – сумма амортизационных отчислений на реновацию средств механизации, руб.;

$П_з$ – прочие затраты, связанные с использованием технических средств, но не учтенные в перечисленных статьях затрат, руб.

Если *заработок* обслуживающему персоналу начисляют по повременно-премиальной системе, то среднегодовые расходы на оплату труда

$$О_т = С_т К_{ув} T_{см} Д_{рг} n, \quad (9.27)$$

где $С_т$ – ставка тарифная часовая работника, руб.;

$К_{ув}$ – коэффициент увеличения тарифного заработка;

$T_{см}$ – время смены, которое включает время основной, вспомогательной и подготовительно-заключительной работы, а также время регламентированных перерывов, ч;

$Д_{рг}$ – количество дней его работы в течение года;

n – численность обслуживающего персонала, чел.

Отчисления на социальные нужды рассчитывают по формуле

$$С_н = 0{,}01 О_т Н_{ст}, \quad (9.28)$$

где $Н_{ст}$ – установленная ставка отчислений в фонды социального страхования и других налогов и сборов единым платежом, %.

Стоимость потребленной электроэнергии за год

$$Э_л = N_э T_о \eta Д_{рг} Ц_э, \quad (9.29)$$

где $N_э$ – сумма мощностей установленных электродвигателей, кВт;

$T_о$ – средняя продолжительность работы установленных электродвигателей в течение суток, ч;

η – коэффициент использования номинальной мощности установленных электродвигателей;

$Д_{рг}$ – количество дней работы электродвигателей в течение года;

$Ц_э$ – цена (тариф) на электроэнергию, руб/кВт · ч.

Если в производственных процессах применяют машины с двигателями внутреннего сгорания, то в состав эксплуатационных затрат включают стоимость израсходованных топлива и смазочных материалов:

$$Г_{см} = G Ц_{компл}, \quad (9.30)$$

где G – расход основного (дизельного) топлива в среднем за год, кг;

$Ц_{компл}$ – комплексная цена основного (дизельного) топлива, руб/кг;

Среднегодовой расход основного топлива находят по формуле

$$G = 0{,}001 N_e q \alpha_и t_д Д_{рг}, \quad (9.31)$$

где N_e – номинальная мощность двигателя внутреннего сгорания, кВт;

q – удельный расход основного топлива на единицу мощности двигателя внутреннего сгорания, г/КВт · ч;

$\alpha_и$ – коэффициент использования номинальной мощности двигателя;

$t_д$ – средняя продолжительность работы машины в течение рабочего дня, ч;

$Д_{рг}$ – количество дней работы энергетического средства в течение года.

Затраты на ремонт и периодическое техническое обслуживание устанавливают по формуле

$$Р_{то} = 0{,}01Б_с Н_р, \tag{9.32}$$

где $Б_с$ – балансовая стоимость технического средства, руб.;

$Н_р$ – норматив среднегодовых затрат на ремонт и периодическое техническое обслуживание технического средства, %.

Издержки, связанные с хранением (консервацией) и обязательным страхованием исчисляют по формуле

$$И_{хс} = 0{,}01Б_с Н_{хс}, \tag{9.33}$$

где $Н_{хс}$ – норматив затрат на хранение (консервацию) и обязательное страхование (страховой взнос), %.

Сумму амортизационных отчислений определяют по формуле

$$А = 0{,}01Б_с Н_а, \tag{9.34}$$

где $Н_а$ – норматив затрат на амортизацию, %.

Прочие эксплуатационные затраты принимают от 5 до 10 % от основных статей расходов:

$$П_з = 0{,}05…0{,}10(О_т + Э_л + Г_{см} + Р_{то}). \tag{9.35}$$

Кроме этого, в прочих затратах должны быть учтены налоги и сборы, включаемые в себестоимость продукции.

9.5. Показатели экономической эффективности

Годовая экономия издержек эксплуатационных

$$Э_г = \left(И^б_{эуд} – И^п_{эуд}\right) Q^п_р, \tag{9.36}$$

где $И^б_{эуд}$, $И^п_{эуд}$ – удельные эксплуатационные затраты соответственно в базовом и проектируемом вариантах, руб/т;

$Q_{р}^{п}$ – среднегодовой объем механизированной работы в проектном варианте, т.

Прирост чистого дохода (прибыли) от *снижения материальных затрат* вычисляют по формуле

$$\Delta ЧД_{мз} = \left(М_{з}^{б} - М_{з}^{п}\right) Q_{р}^{п}, \qquad (9.37)$$

где $М_{з}^{б}, М_{з}^{п}$ – удельные материальные затраты в расчете на единицу механизированной работы (продукции) соответственно в базовом и проектируемом вариантах, руб/т.

Дополнительный чистый доход (прибыль) за счет повышения продуктивности животных устанавливают по формуле

$$\Delta ЧД_{прж} = \Delta П_{р\,ж}(Ц_{пр\,ж} - И_{пр\,ж})П_{г\,ж}, \qquad (9.38)$$

где $\Delta П_{р\,ж}$ – прирост продуктивности животных от использования технического средства, кг;

$Ц_{пр\ ж}$ – рыночная цена дополнительной продукции животноводства, руб/кг;

$И_{пр\,ж}$ – издержки (затраты), связанные с получением и реализацией дополнительной продукции животноводства, руб/кг;

$П_{г\,ж}$ – среднегодовое поголовье животных, обслуживаемых новым техническим средством, гол.

Прирост чистого дохода за счет повышения цены реализации более качественной животноводческой продукции определяют по формуле

$$\Delta ЧД_{кач} = \left(Ц_{р}^{п} - Ц_{р}^{б}\right) Q_{р}^{п}, \qquad (9.39)$$

где $Ц_{р}^{п}, Ц_{р}^{б}$ – средняя цена реализации единицы животноводческой продукции соответственно в проектируемом и базовом вариантах, руб/кг.

Чистый дисконтированный доход можно рассчитать по формуле

$$ЧДД = Э_{г}\alpha_{т}, \qquad (9.40)$$

где $\alpha_{т}$ – коэффициент приведения денежных потоков к началу расчетного периода.

Коэффициент $\alpha_{т}$ определяют по формуле

$$\alpha_{т} = \frac{\left(1+d\right)^{t} - 1}{d\left(1+d\right)^{t}}, \qquad (9.41)$$

где d – ставка дисконтирования (норма дисконта);

t – срок полезного использования инвестиций в инновацию, лет.

Эффективность капитальных вложений (инвестиций) в основные средства производства определяется сроком их окупаемости (периодом возврата инвестиций).

Статический (теоретический) срок окупаемости определяют по формуле

$$t_{у} = \frac{К_{в}}{Э_{г}}, \tag{9.42}$$

где $К_{в}$ – сумма капитальных вложений (инвестиций) в сельскохозяйственную технику, руб.

Динамический (реальный) срок окупаемости (возврата) производственных инвестиций рассчитывают по формуле

$$t_{д} = \frac{К_{в}}{ЧДД}. \tag{9.43}$$

Эффективность капитальных вложений (инвестиций) характеризует *индекс доходности капитала*, который определяют по формуле

$$I_{дк} = \frac{ЧДД}{К_{в}}. \tag{9.44}$$

Для анализа данных организационно-экономических расчетов и проведения оценки инновации основные технико-экономические показатели сводят в таблицу и дают обобщающие выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роботизированные системы в животноводстве: учеб. пособие / А. А. Науменко [и др.]; Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко. – Харьков: ХНТУСХ им. Петра Василенка, 2015. – 171 с.

2. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И. Н. Шило [и др.]; М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, УО БГАТУ. – Мн.: БГАТУ, 2016. – 335 с.

3. Основы алгоритмизации инженерных задач: учеб. пособие / В. Н. Суриков [и др.]. – СПб.: ГОУВПО СПбГТУ РП, 2008. – 158 с.

4. Техническое обеспечение животноводства: учебник / под ред. А. И. Завражнова. – СПб.: Лань, 2018. – 516 с.

5. Кузьмина, Т. Н. Технологии и оборудование для свиноводства: справочник / Т. Н. Кузьмина, Н. П. Мишуров. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 172 с.

6. Китун, А. В. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве : учеб.-метод. пособие / А. В. Китун, И. П. Бусел, В. И. Передня. – Мн., 2008. – 123 с.

7. Китун, А. В. Машины и оборудование в животноводстве: учебник / А. В. Китун, В. И. Передня, Н. Н. Романюк. – Мн.: РИВШ, 2021. – 444 с.

8. Крупенин, Ю. А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции животноводства. Проектирование помещений для содержания крупного рогатого скота: метод. указания по выполнению раздела курсовой работы / Ю. А. Крупенин, П. Ю. Крупенин. – Горки: БГСХА, 2022. – 65 с.

9. Крупенин, Ю. А. Технологии и техническое обеспечение производства продукции животноводства. Проектирование генерального плана молочно-товарной фермы (комплекса): метод. указания по выполнению курсовой работы / Ю. А. Крупенин, П. Ю. Крупенин. – Горки: БГСХА, 2024. – 42 с.

10. Крупенин, П. Ю. Технические системы точного животноводства: учеб. пособие / П. Ю. Крупенин, Ю. А. Крупенин, А. В. Китун. – Горки: БГСХА, 2025. – 128 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Исходные данные к практической работе 2

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье животных на ферме, гол.	25	50	100	150	200	250	300	25	50	100
Норма скармливания грубых кормов, кг/гол.	1,0	0,9	0,6	0,4	4,0	3,6	2,4	1,8	0,4	4,0
Норма скармливания корнеклубнеплодов, кг/гол.	2,3	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	3,3	3,4	4,3
Норма скармливания концентрированных кормов, кг/гол.	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0	2,5	2,5	3,0	2,2	3,3
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье животных на ферме, гол.	25	50	100	150	200	250	300	25	50	100
Норма скармливания грубых кормов, кг/гол.	1,0	0,9	0,6	0,4	0,9	0,6	0,4	1,8	0,4	4,0
Норма скармливания корнеклубнеплодов, кг/гол.	4,4	5,2	2,3	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	3,4	4,3
Норма скармливания концентрированных кормов, кг/гол.	3,5	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0	2,5	2,5	3,0	2,2
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье животных на ферме, гол.	25	50	100	150	200	250	300	25	50	100
Норма скармливания грубых кормов, кг/гол.	1,8	0,4	4,0	1,0	0,9	0,6	0,4	0,9	0,6	0,9
Норма скармливания корнеклубнеплодов, кг/гол.	3,5	4,0	4,5	5,0	3,4	4,3	4,4	5,2	2,3	3,0
Норма скармливания концентрированных кормов, кг/гол.	2,0	2,5	2,5	3,0	2,2	3,5	1,0	1,3	1,6	2,5

Таблица 2. **Техническая характеристика измельчителей корнеклубнеплодов**

Показатель	Марка измельчителя					
	КПИ-4	ИКС-5М	ИКМ-5	ИКМ-Ф-10	«Волгарь-5А»	КДУ-2
Производительность, т/ч	5	5-8	7	8	3-4	3-3,5
Установленная мощность, кВт	4	9	10,7	14,3	25	30
Объем бункера, $м^3$	0,04	3	0,7	0,7	–	–
Расход воды на мойку 1 т корнеклубнеплодов, $м^3$	–	0,15	0,4	0,15	–	–
Масса, кг	160	1 250	900	940	1 175	1 300
Габаритные размеры, мм:						
длина	700	3 900	2 200	2 200	2 400	2 800
ширина	630	2 600	1 360	2 100	1 330	1 550
высота	1 160	1 800	2 860	2 510	1 350	3 000

Таблица 3. **Техническая характеристика запарников-смесителей**

Показатель	Марка запарника-смесителя			
	АПС-6	С-12	ВКС-3М	МЗ-3,0
Производительность, т/ч:				
без запаривания	9,0	10	–	–
с запариванием	2,9	5	2,5	1,5
Время на приготовление смеси, мин	50…65	60…75	60…70	60…70
Полезный объем запарника, $м^3$	6	12	1,8	1,54
Мощность электродвигателей, кВт	10	13	7	4,5
Габаритные размеры, мм:				
длина	3 625	4 215	3 900	3 445
ширина	2 622	2 880	1 400	1 250
высота	2 200	2 500	1 850	1 600

Таблица 4. **Техническая характеристика молотковых дробилок**

Показатель	Марка дробилки			
	АПС-6	С-12	ВКС-3М	МЗ-3,0
Производительность при измельчении, т/ч:				
зерна	1,0	2,0	3,0	5,0
стебельчатых кормов	0,5	0,8	–	–
корнеплодов	3,0	5,0	–	–
Установленная мощность, кВт	14	20	30	32
Число молотков, шт.	72	90	90	120
Габаритные размеры, мм:				
длина	2 462	2 800	2 200	1 950
ширина	1 130	1 660	1 550	1 800
высота	3 185	2 975	3 185	2 400

Приложение 2

Исходные данные к практической работе 3

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Грузоподъемность транспортного средства, т	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
Среднее расстояние от животноводческого помещения до склада кормов, км	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Суточный объем перевозок корма, т	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Грузоподъемность транспортного средства, т	5	8	9	3	5	3	4	7	6	7
Среднее расстояние от животноводческого помещения до склада кормов, км	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Суточный объем перевозок корма, т	14	18	20	35	42	31	20	15	10	12
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Грузоподъемность транспортного средства, т	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6
Среднее расстояние от животноводческого помещения до склада кормов, км	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Суточный объем перевозок корма, т	20	25	30	35	40	45	50	5	10	15

Приложение 3

Исходные данные к практической работе 4

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Вместимость бункера кормораздатчика, м³	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
Среднее расстояние от животноводческого помещения к месту загрузки кормов, км	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Количество животных, гол.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Норма выдачи корма на одно животное, кг	4,3	3,3	1,2	1,7	2,6	1,8	2,6	1,8	1,4	2,4
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Вместимость бункера кормораздатчика, м³	5	8	9	3	5	3	4	7	6	7
Среднее расстояние от животноводческого помещения к месту загрузки кормов, км	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Количество животных, гол.	400	450	300	600	650	700	550	150	200	300
Норма выдачи корма на одно животное, кг	3,6	2,8	3,4	1,5	4,6	3,5	2,5	1,9	2,0	2,8
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Вместимость бункера кормораздатчика, м³	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6
Среднее расстояние от животноводческого помещения к месту загрузки кормов, км	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Количество животных, гол.	200	250	300	350	400	450	500	50	100	150
Норма выдачи корма на одно животное, кг	2,6	1,8	1,4	2,4	4,3	1,3	1,2	1,7	2,6	1,8

Таблица 2. **Технические характеристики кормораздатчиков**

Марка	СРВ-8	СРК-25В	ИСРК-12	СРК-10	ИСРВ-12	РСК-12
Вместимость, $м^3$	8	25	12	10	12	12
Длина, мм	4 400	8 500	7 000	4 650	5 900	6 100
Ширина, мм	2 300	2 500	2 200	2 400	2 300	2 500
Высота, мм	2 800	2 970	2 540	2 750	2 900	2 500
Грузоподъемность, кг	3 000	11 000	3 500	2 800	4 500	4 300
Масса, кг	3 100	9 100	5 500	3 800	4 900	4 800
Высота выгрузки, мм	700	700	700	800	700	700
Производительность, т/ч	9	34	16	12	16	16
Число оборотов ВОМ, об/мин	540	1 000 (540)	540	540	540	540
Количество шнеков, шт.	1	3	2	1	2	2
Тяговый класс трактора	1,4	3–4	1,4–2	1,4	1,4	1,4

Приложение 4

Исходные данные к практической работе 5

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье дойных коров на ферме, гол.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Среднегодовой надой на корову, т/год	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье дойных коров на ферме, гол.	550	600	650	700	750	800	850	900	950	900
Среднегодовой надой на корову, т/год	5,0	5,5	3,0	6,5	7,0	6,5	7,0	3,5	4,0	5,5
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье дойных коров на ферме, гол.	350	200	250	300	350	400	450	500	550	300
Среднегодовой надой на корову, т/год	6,0	7,5	4,0	3,5	6,0	4,5	5,0	3,5	6,0	4,5

Таблица 2. **Технические характеристики доильных установок для доильных залов**

Наименование показателя	Марка доильной установки						
	УДА-8	УДА-12Е	УДА-16А	УДА-24Е	«Карусель»	Autorotor	Rotolactor
Поголовье обслуживаемого стада, гол.	200	240	400	400	800	600	600
Пропускная способность, коров/ч	60…70	70	66…78	100	200	110	120
Расположение станков	«Тандем»	«Елочка»	«Елочка»	«Елочка»	«Елочка»	«Елочка»	«Елочка»
Количество доильных станков, шт.	8	12	16	24	28	24	20
Число доильных аппаратов, шт.	8	12	16	24	28	24	20
Марка доильных аппаратов	МД-1	«Майстар»	МД-1	АДС	Unico 2	Classic 300	«Маэстро»
Вакуумметрическое давление, кПа	47 ± 1	48 ± 1	47 ± 1	48 ± 1	48 ± 1	48 ± 1	50 ± 1
Установленная мощность, кВт	18	18	20	32	38	36	36

Таблица 3. **Технические характеристики линейных доильных установок**

Наименование показателя	Марка доильной установки					
	АДМ-8А	Unicala	УДМ-200	АД-100А	ДАС-2Б	RMA-200
Обслуживаемое поголовье, гол.	208	200	200	100	100	200
Количество операторов, чел.	4	4	4	4	4	4
Пропускная способность, коров/ч	112	100	100	50	50	100
Количество доильных аппаратов, шт.	16	12	12	8	8	12
Марка доильного аппарата	АДМ-1	Douvac	«Интепульс»	«Волга»	ДА-2М	Classic 300
Рабочее вакуумметрическое давление, кПа	46 ± 1	50 ± 1	50 ± 1	53 ± 1	48–51	38–40
Общая подключенная мощность, кВт	9	10	12	3	2	16

Таблица 4. **Технические характеристики агрегатов индивидуального доения**

Наименование показателя	Марка агрегата			
	Elmas-1	УДИ-5	УДИ-6	АИД-2
Обслуживаемое поголовье, гол.	10	10	10	10
Пропускная способность, коров/ч	6	6	10	6
Рабочее вакуумметрическое давление, кПа	48 ± 1	48 ± 1	48 ± 1	48 ± 1
Напряжение, В	220	220	220	220
Установленная мощность, кВт	0,75	0,75	0,75	0,75
Масса, кг	70	65	80	60

Приложение 5

Исходные данные к практической работе 6

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье дойных коров на ферме, гол.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Среднегодовой надой на корову, т/год	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье дойных коров на ферме, гол.	550	600	650	700	750	800	850	900	950	900
Среднегодовой надой на корову, т/год	5,0	5,5	3,0	6,5	7,0	6,5	7,0	3,5	4,0	5,5
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье дойных коров на ферме, гол.	350	200	250	300	350	400	450	500	550	300
Среднегодовой надой на корову, т/год	6,0	7,5	4,0	3,5	6,0	4,5	5,0	3,5	6,0	4,5

Таблица 2. **Техническая характеристика пластинчатых охладителей молока**

Наименование показателя	Марка охладителя					
	ОМ-400	АДМ-3000	ООТ-МУ4	А1-ООЛ3	ООУ-МУ4	001-УЮ
Производительность, кг/ч	400	1000	3000	3000	5000	10000
Количество пластин, шт.	28	42	49	38	82	91
Поверхность теплообмена одной пластины, $м^2$	0,043	0,043	0,146	0,150	0,146	0,146
Масса, кг	30	35	255	190	237	520

Приложение 6

Исходные данные к практической работе 7

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье птицы, тыс. гол.	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Суточная яйценоскость, %	30	35	40	45	50	55	60	30	35	40
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье птицы, тыс. гол.	8,0	8,5	9,0	9,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Суточная яйценоскость, %	30	35	40	45	50	55	60	30	35	40
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье птицы, тыс. гол.	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	3,0	4,5
Суточная яйценоскость, %	30	35	40	45	50	55	60	30	35	60

Таблица 2. **Техническая характеристика машин для сбора яиц**

Наименование показателя	Марка машины	
	КЯ-50А	ЛСЯ-32Т
Тип	Горизонтальный, прутковый	
Производительность, шт/ч	68 000	32 000
Потребляемая мощность, кВт	0,55	0,55

Таблица 3. **Техническая характеристика машин для сортировки яиц**

Наименование показателя	Марка машины			
	Ритм 8-3	Ритм 16-6	МС 3-18И	МС 3-18
Производительность, шт/ч	6 000…7 000	13 000…16 000	18 000	18 000
Погрешность взвешивания, г	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	0,6	0,5	1,0

Приложение 7

Исходные данные к практической работе 8

Таблица 7.1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье животных на ферме, гол.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Длина и ширина сечения вытяжной шахты, м	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,7
Коэффициент местных сопротивлений	0,5	0,3	0,2	0,5	0,4	0,2	0,5	0,3	0,2	0,5
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье животных на ферме, гол.	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000
Длина и ширина сечения вытяжной шахты, м	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,7
Коэффициент местных сопротивлений	0,5	0,4	0,2	0,5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	0,5
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье животных на ферме, гол.	1 150	1 200	1 250	1 300	1 350	1 400	1 450	1 500	1 350	1 450
Длина и ширина сечения вытяжной шахты, м	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,4
Коэффициент местных сопротивлений	0,5	0,3	0,2	0,5	0,4	0,2	0,5	0,4	0,4	0,2

Приложение 8

Исходные данные к практической работе 9

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Тип светильника	$Л_Ц$	У	$У_М$	$Г_Э$	ПВЛ	$Г_Э$	$Л_Ц$	У	$У_М$	$Г_Э$
Высота подвеса светильника, м	2,5	2,7	2,9	3,0	2,6	2,8	2,5	2,7	2,9	3,0
Ширина помещения, м	10	11	12	14	10	11	12	14	10	11
Длина помещения, м	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Удельная мощность, $Вт/м^2$	20	10	2	7	15	12	3	20	10	2
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Тип светильника	У	$Г_Э$	$Ф_М$	РН	ПВЛ	$Г_Э$	У	$Г_Э$	$Ф_М$	РН
Высота подвеса светильника, м	2,5	2,7	2,9	3,0	2,6	2,8	2,5	2,7	2,9	3,0
Ширина помещения, м	10	11	12	14	10	11	12	14	10	11
Длина помещения, м	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Удельная мощность, $Вт/м^2$	20	10	2	7	15	12	3	20	10	2
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Тип светильника	$Л_Ц$	У	$У_М$	ПВЛ	$Г_Э$	СХ	ОД	У	ПВЛ	$Л_Ц$
Высота подвеса светильника, м	2,5	2,7	2,9	3,0	2,6	2,8	2,5	2,7	3,0	2,5
Ширина помещения, м	10	11	12	14	10	11	12	14	14	10
Длина помещения, м	10	12	14	16	18	20	22	24	20	14
Удельная мощность, $Вт/м^2$	20	10	2	7	15	12	3	20	12	2

Таблица 2. **Оптимальные расстояния между светильниками и коэффициенты неравномерности распределения освещенности**

Тип светильника	Оптимальное расстояние между светильниками, $L_{опт}$	Коэффициент неравномерности светового потока, k
$Л_Ц$	1,6	1,10
$Ш_М$, П1	2,0	1,20
$С_К$	1,7	1,15
У	1,7	1,15
$У_М$	1,7	1,20
$Г_Э$, П2	1,6	1,15
РН, $Р_М$	2,0	1,20
СХ	2,0	1,20
$Ф_М$, ПУ	2,0	1,20
НОБ	2,0	1,20
ОД, ОДО, ОДР, ОДОР	1,4	1,15
ПВЛ	1,7	1,20

Приложение 9

Исходные данные к практической работе 10

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье животных на ферме, гол.	25	50	100	150	200	250	300	25	50	100
Производительность транспортера, т/ч	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Вместимость скрепера, $м^3$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,2	0,3
Длина троса, м	30	60	110	160	170	300	170	30	60	110
Масса скрепера, кг	100	150	400	980	1 100	1 410	1 600	120	170	350
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье животных на ферме, гол.	25	50	100	150	200	250	300	25	50	100
Производительность транспортера, т/ч	4,0	4,5	5,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	3,0	3,5
Вместимость скрепера, $м^3$	0,5	06	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,2	0,3
Длина троса, м	40	70	120	170	170	300	170	40	70	120
Масса скрепера, кг	100	150	400	980	1 100	1 410	1 600	120	170	350
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье животных на ферме, гол.	25	50	100	150	200	250	300	25	50	25
Производительность транспортера, т/ч	5,0	3,0	4,5	5,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
Вместимость скрепера, $м^3$	0,7	0,8	0,9	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
Длина троса, м	50	70	130	180	170	300	170	50	70	50
Масса скрепера, кг	100	150	400	980	1 100	1 410	1 600	120	170	100

Таблица 2. **Техническая характеристика транспортеров для удаления навоза**

Наименование показателя	Марка транспортера		
	ТСН-3,0Б	ТСН-2,0	ТШ-30А
Производительность, т/ч	4…4,5	4,5	4
Максимально допустимая длина цепи, м	170	170	170
Скорость движения цепи (штанги), м/с	0,19	0,19	0,2
Расстояние между скребками, мм	1 000	460	1 000
Размер навозного канала, мм	320×120	320×125	400×125
Количество электродвигателей, шт.	2	1	2
Потребляемая мощность, кВт	5,5	4,5	4,5

Приложение 10

Исходные данные к практической работе 11

Таблица 1. **Индивидуальные задания**

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Поголовье животных на ферме, гол.	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Суточная норма потребления, $м^3$	65	40	25	10	65	40	25	10	65	40
Продолжительность работы станции, ч	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Высота всасывания геометрическая, м	7	8	9	10	11	12	13	7	8	9
Величина напора, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
Длина участка, м	50	150	200	250	300	350	400	50	150	200
Вариант	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Поголовье животных на ферме, гол.	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000
Суточная норма потребления, $м^3$	25	10	65	40	25	10	65	40	25	10
Продолжительность работы станции, ч	17	18	19	7	8	9	10	11	12	13
Высота всасывания геометрическая, м	10	11	12	13	7	8	9	10	11	12
Величина напора, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
Длина участка, м	250	300	350	400	50	150	200	250	300	350
Вариант	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Поголовье животных на ферме, гол.	1 150	1 200	1 250	1 300	1 350	1 400	1 450	1 500	1 550	1 150
Суточная норма потребления, $м^3$	65	40	25	10	65	40	25	10	65	40
Продолжительность работы станции, ч	14	15	16	17	18	19	7	8	9	16
Высота всасывания геометрическая, м	13	7	8	9	10	11	12	13	7	9
Величина напора, м	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
Длина участка, м	400	250	50	150	200	250	300	350	400	50

Таблица 2. **Технические характеристики погружных электронасосов**

Марка насоса	Диаметр обсадных труб скважины, дюйм	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Максимальный уровень воды, м	Мощность электродвигателя, кВт
ЭПН6-10-80	6	10	80	60	4,0
ЭПН6-10-110	6	10	110	90	5,5
ЭПН6-10-140	6	10	140	120	7,5
ЭПН8-40-65	8	40	65	45	14,0
ЭПН8-40-100	8	40	100	80	22,0
ЭПН8-40-130	8	40	130	110	44,0
ЭЦВ4-1,6-65	4	1,6	65	50	1,0
ЭЦВ5-6,3-80	5	6,3	80	60	2,8
ЭЦВ6-4-130	6	4,0	130	110	2,8
ЭЦВ6-4-190	6	4,0	190	170	4,5
ЭЦВ6-10-140	6	10,0	140	120	8,0
ЭЦВ6-10-185	6	10,0	185	165	8,0
ЭЦВ6-10-235	6	10,0	235	215	11,0

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
Глава 1. ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ 4
1.1. Особенности формирования животноводческих предприятий 4
1.2. Формы производственных процессов 7
1.3. Общая характеристика интеллектуальных технических систем 11
1.4. Направления развития интеллектуальных систем в технологиях точного животноводства 15
1.5. Системы идентификации животных и контроля их физиологического состояния 16
1.6. Практическая работа 1. Выбор рационального состава животноводческого предприятия 21
Глава 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОДГОТОВКИ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ 30
2.1. Виды скармливаемых кормов и схемы подготовки к скармливанию 30
2.2. Расчет потребности в кормах 33
2.3. Нормирование запасов кормов на животноводческом предприятии 34
2.4. Организация процесса подготовки кормов к скармливанию 38
2.5. Определение оптимального состава машин технологической линии подготовки кормов к скармливанию 39
2.6. Определение вместимости оперативной емкости 41
2.7. Практическая работа 2. Определение потребности в машинах для технологических процессов подготовки кормов к скармливанию на животноводческой ферме 44
Глава 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ ЖИВОТНЫМ 48
3.1. Способы скармливания кормов животным 48
3.2. Требования к процессу раздачи кормов и системы автоматического кормления животных 50
3.3. Автоматизированные системы для индивидуальной раздачи концентрированных кормов 63
3.4. Автоматизированное оборудование для подталкивания кормов на кормовом столе 66
3.5. Автоматизированные системы выпойки телят 68
3.6. Автоматизированные пастбищные системы 72
3.7. Автоматизированные кормовые станции для свиноматок 73
3.8. Автоматические станции сортировки поросят на откорме 76
3.9. Перспективы внедрения автоматических систем кормления 78
3.10. Проектирование мобильных транспортных потоков на животноводческом предприятии 80
3.11. Практическая работа 3. Расчет потребности в мобильных транспортных средствах для доставки кормов в места подготовки к скармливанию 88
3.12. Практическая работа 4. Определение количества мобильных раздатчиков кормов на животноводческой ферме 90
Глава 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА 92

4.1. Проектирование механизированных процессов доения и первичной обработки молока ... 92
4.2. Стационарные доильные установки для доения в специальных доильных залах ... 96
4.3. Цифровые технологии для роботизированного доения животных ... 101
4.4. Особенности планировки животноводческих помещений при организации добровольного доения коров ... 111
4.5. Роботизированные установки для доения коров в доильных залах ... 118
4.6. Факторы определения выбора роботов как систем доения ... 121
4.7. Системы управления стадом в молочном скотоводстве ... 123
4.8. Оптимизация линии машинного доения коров ... 132
4.9. Оптимизация линии первичной обработки молока ... 136
4.10. Практическая работа 5. Расчет линии для механизации технологических процессов доения коров ... 146
4.11. Практическая работа 6. Определение параметров пластинчатого охладителя молока ... 147
Глава 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПТИЦЕВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ... 149
5.1. Способы содержания птицы ... 149
5.2. Оборудование для содержания кур-несушек промышленного стада ... 150
5.3. Технологические особенности линии для кормления птицы ... 157
5.4. Роботизированные системы для обработки яиц ... 161
5.5. Системы контроля и управления в птицеводстве ... 168
5.6. Оптимизация параметров оборудования линии сбора яиц ... 173
5.7. Оптимизация параметров оборудования линии инкубации яиц ... 175
5.8. Практическая работа 7. Оптимизация линии сбора яиц ... 176
Глава 6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ ... 179
6.1. Микроклимат животноводческих помещений и его влияние на продуктивность животных ... 179
6.2. Автоматизированные системы для ухода за животными ... 181
6.3. Автоматизированная система освещения при выращивании и содержании птицы ... 184
6.4. Основы расчета воздухообмена на животноводческом предприятии ... 187
6.5. Практическая работа 8. Расчет вентиляции фермы ... 190
6.6. Практическая работа 9. Расчет освещения фермы ... 194
Глава 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОТОЧНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УБОРКИ И УДАЛЕНИЯ НАВОЗА ... 196
7.1. Способы содержания животных ... 196
7.2. Средства для удаления и утилизации навоза ... 196
7.3. Определение суточного выхода навоза на ферме ... 205
7.4. Определение параметров систем удаления и утилизации навоза ... 206
7.5. Определение параметров систем получения биогаза из навоза ... 211
7.6. Практическая работа 10. Расчет линии удаления навоза ... 215
Глава 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ... 217
8.1. Источники водоснабжения и водозаборные сооружения в животноводстве ... 217
8.2. Оборудование для поения крупного рогатого скота, свиней и птицы ... 218

8.3. Основы расчета потребления воды на ферме и оборудования для поения животных и птицы 222
8.4. Организация водоснабжения 223
8.5. Практическая работа 11. Расчет водопотребления на животноводческой ферме 224
Глава 9. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ 227
9.1. Капитальные вложения в основные средства производства 227
9.2. Энерго- и ресурсосберегающие показатели 230
9.3. Показатели трудоемкости и производительности труда 232
9.4. Эксплуатационные затраты 233
9.5. Показатели экономической эффективности 235
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 238
ПРИЛОЖЕНИЯ 239

У ч е б н о е и з д а н и е

Китун Антон Владимирович
Крупенин Павел Юрьевич

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Учебное пособие

Редактор *С. Н. Кириленко*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 06.10.2026. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 14,88. Уч.-изд. л. 11,09.
Тираж 60 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.