

Казакевич П.П., Тимошенко В.Н., Музыка А.А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ «УМНОЙ» МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ

монография



2021

Национальная академия наук Беларуси

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»

Козакевич П.П., Тимошенко В.Н., Музыка А.А.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ
«УМНОЙ» МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ**

монография

Жодино

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»

2021

УДК 631.223.24

Казакевич, П. П. **Технологическая концепция «умной» молочной фермы** : монография / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка ; рец. : Н.А. Садонов, А.Ф. Трофимов ; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2021. – 245 с.

ISBN 978-985-6895-30-5

В монографии изложены основные вопросы разработки концептуальных технологических модульных решений для создания молочных ферм нового поколения. Рассмотрены основные технологические процессы на молочно-товарных фермах и комплексах. Приведены результаты научных исследований по вопросам применения рациональных технологических решений при производстве молока.

Книга предназначена для научных сотрудников, преподавателей и студентов сельскохозяйственных и ветеринарных учреждений образования, руководителей сельскохозяйственных организаций.

Рис. 101, табл. 22, библиогр. 99 назв.

Монография рекомендована к публикации ученым советом РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (протокол № 18 от 8 декабря 2021 г.).

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Н.А. Садонов
(УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»);

доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент
НАН Беларуси А.Ф. Трофимов

(Национальная академия наук Беларуси)

ISBN 978-985-6895-30-5

© Казакевич П.П., Тимошенко В.Н., Музыка А.А., 2021

© РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Состояние молочной отрасли Республики Беларусь, проблемы и перспективы развития	9
1.1. Анализ состояния отрасли молочного скотоводства	9
1.2. Экспорт молока и молочной продукции	19
1.3. Предложения и пути решения проблем	22
Глава 2. Обоснование технико-технологических решений ...	26
2.1. Направления развития молочного скотоводства	26
2.1.1. Генетический потенциал	27
2.1.2. Уровень кормления	33
2.1.3. Технология производства	38
2.2. Модуль содержания и микроклимата	66
2.3. Модуль кормоприготовления и раздачи кормов	137
2.4. Модуль доения	172
2.5. Модуль ветеринарии, идентификации и датчики физиологического состояния животных	191
Глава 3. Интеллектуальные цифровые системы	211
3.1. Автоматизированная централизованная система управления фермой	211
3.2. Модули технико-технологических решений	224
Заключение	235
Список литературы	237

ВВЕДЕНИЕ

Конкуренция на рынках молочной продукции, требующая постоянной интенсификации производства, за последние полвека привела к быстрому подъёму роста молочной продуктивности коров. Если у предка домашней коровы молока хватало лишь для вскармливания телёнка в первые месяцы его жизни, то коровы современных пород дают за лактацию (период времени между двумя смежными отёлами, в течение которого корова доится) 6000–7000 кг молока, а коровы-рекордистки – до 20 000–24 000 кг. Вместе с тем, чрезмерная интенсификация одной функции у животных, в данном случае, лактогенной, не проходит бесследно для других систем организма. В частности, многие исследователи считают, что у коров существует антагонизм между высокой молочной продуктивностью и воспроизводительной способностью. Это отрицательное явление, сопутствующее росту молочной продуктивности – сокращению продуктивной жизни коров до 2-3-х лактаций.

Влияние среды настолько многообразно, что учесть влияние совокупности всех факторов на организм животных очень трудно. К тому же в настоящее время не известны все биологические потребности животных, что не позволяет в полной мере реализовать генетические возможности организма. Но и имеющиеся знания далеко не всегда используются в практической деятельности, из-за чего бывают существенные потери продукции и снижается эффективность отрасли.

Эффективность технологии производства молока зависит от сочетаемости системы содержания животных, типов помещений и средств механизации всех производственных процессов. При этом технологические решения, применяемые на фермах, не должны вступать в противоречия с физиологическими потребностями животных.

Всё это формирует комфортную среду обитания для крупного рогатого скота. Комфортные условия – это больше, чем своевременное кормление, тщательный уход и мониторинг здоровья. Необходимо, чтобы системы содержания и кормления соответствовали потребностям животных. Комфорт коров – это система менеджмента, задачей которой является сохранение здоровья, увеличение продолжительности жизни и продуктивности животных на современной ферме.

Современные технологии производства молока базируются на трёх основополагающих принципах: создание животным комфортных, соответствующих биологическим потребностям условий содержания, стремление к минимизации затрат трудовых и энергетических ресурсов на производство единицы продукции, обеспечение экономической целесообразности применяемых технологических приёмов, обеспечивающих реализацию первых двух принципов. Такой подход позволяет

наряду с максимальной реализацией потенциала животного увеличить его продуктивное долголетие, способствует сохранению здоровья и содействует получению молока и сверхремонтного молодняка.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности производства продукции животноводства является строительство животноводческих ферм и комплексов с использованием новых технологий содержания и кормления животных, организации труда, учитывающих особенности их физиологического состояния и уровень продуктивности.

Интенсивные технологии в сельскохозяйственном производстве характеризуются степенью целенаправленного управления генетической программой и физиологическими процессами в биологических объектах. В результате создаются благоприятные условия для лучшего проявления генетического потенциала, максимизируются хозяйственно-полезные параметры жизнедеятельности.

Развитие животноводства в современных условиях базируется на таких технологиях с высоким уровнем механизации и автоматизации производственных процессов. Процесс технико-технологического переоснащения животноводческой отрасли сегодня приобретает совершенно новое смысловое наполнение. В последние годы достаточно четко наметилась тенденция перехода от создания техники для обеспечения существующих технологий к созданию новых технологических решений на базе принципиально иных машин и оборудования. Значительные резервы кроются в формировании комплексного подхода, учитывающего все нюансы и тонкости интенсивных технологий. Здесь крайне важно обеспечить технологические приёмы, направленные на стимулирование деликатных естественных биологических процессов, которые пронизаны тонкими нитями взаимосвязей элементов биотехнической системы: «человек-машина-животное-среда». Эти элементы объединены функциональными, энергетическими и информационными связями в вероятностные детерминированные подсистемы: «машина-животное» (М - Ж), «человек-животное» (Ч - Ж), «среда-животное» (С - Ж), «среда-человек» (С - Ч) и «человек-машина» (Ч - М). Сложность данной системы определяется не числом входящих в неё элементов, а сложностью свойств элементов и связями между ними, которые реализуются на разных уровнях иерархической структуры. Любая мелочь здесь может стать фактором, определяющим конечный эффект длительного и многогранного процесса.

Биотехнические системы – это особый класс больших систем, в которых биологические и технические элементы связаны в едином контуре управления, причем роль управляющего звена в них могут играть как технические, так и биологические звенья. Режимы

функционирования биологических и технических элементов, так же, как и биотехническая система в целом, должны основываться на максимальном соответствии технических элементов биологическим и психофизиологическим особенностям сопрягаемых с ними биологических элементов. Создание таких систем является сложной задачей, использующей целый арсенал отдельных приёмов, принципов и подходов, обеспечивающих комплексность, широту охвата и четкую организацию повышения безопасности работ в животноводстве. Создание новой техники и технологий для животноводства требует формирования обоснованных критериев построения технологического процесса, обеспечивающих его эффективное функционирование. Определение требований к выбору параметров и характеристик технологического процесса в животноводстве связано с изучением процессов, происходящих при взаимодействии работника, технических средств, животного и среды.

Опыт других отраслей человеческой деятельности показывает, что обеспечение пространственно-антропометрической совместимости элементов биотехнической системы приводит к существенному повышению качества её функционирования, росту экономической и социально-экономической эффективности.

Компьютеризация и техническое переоснащение производства традиционно рассматриваются как наиболее действенные способы повышения его эффективности. Особенно ярко это проявляется в птицеводстве и свиноводстве, где всего 10 работников в настоящее время могут обслуживать комплексы с поголовьем, в котором раньше должны были работать по 50-60 человек. Подобные изменения не могли не затронуть и молочное скотоводство.

Современные информационные технологии позволяют реализовать управление производством с учётом психологии человека, эргономики, физиологии и этологии животных, особенностей и возможностей техники. Необходимо обеспечить технологические приёмы, направленные на стимулирование естественных биологических процессов, реализуемое по своеобразному каталитическому механизму, предполагающему тонкое, сигнальное воздействие на сложно детерминированную систему. По сути, современная ферма представляет собой единый кибернетический организм, управляемый с помощью автоматизированных систем через интерфейс компьютерных программ. Основным инструментом здесь является использование современной автоматики, работающей по алгоритмам компьютерных программ управления стадом. Система управления стадом позволяет осуществлять эффективный менеджмент. Наличие объективной информации от каждой коровы индивидуально в режиме реального времени позволяет в раннем периоде определить её предрасположенность к заболеваниям, своевременно их

предотвратить, выявить охоту, правильно спланировать осеменение, регулировать сервис-период, эффективно управлять всем стадом в целом и иметь объективную информацию по каждому животному за весь период жизни.

В настоящее время применение на молочных комплексах индустриального типа современных технологических решений позволяет снизить трудозатраты на 1 ц молока до 1-1,2 человека часов, расход кормов – до 0,9 к. ед., совокупные энергозатраты – до 55-60 кг условного топлива и увеличить нагрузку на 1 оператора до 120-150 голов.

Ещё более высокий уровень интенсификации позволяет обеспечить применение роботизированных доильных установок в комплексе с автоматизированными системами управления, позволяющими оптимизировать процесс доения, контролировать качество молока, нормировать количество выданных концентрированных кормов. Наряду с решением проблемы адресной выдачи комбикорма, автоматические системы кормления (АСУ) могут сами загружать корм из места хранения и выполнять функцию его раздачи с использованием стационарных либо мобильных роботов-кормораздатчиков в соответствии с требованиями в питательных веществах различных технологических групп скота.

Аккумулируя данные о технологических процессах, АСУ обеспечивает быстрое получение оперативной информации о состоянии здоровья, воспроизводительной функции, валовом надое и продуктивности за каждую дойку, качестве молока, структуре стада и физиологическом состоянии животных. Таким образом, специалисту предоставляется информация, на основании которой он может принимать решения, касательно как одного животного, так и целого стада. Однако принятие управленческих решений на основе анализа полученной оперативной информации по контролю воспроизводства животных (отёлы, осеменение, проверки на стельность; гинекологическая диспансеризация), учёту, планированию и контролю переводов в группы (запуска, сухостоя, отёлов, в новотельных раздоя и осеменения, дойных), учёту поступлений и выбытий животных и ряду других зооветеринарных мероприятий осуществляется руководителями и специалистами фермы. Эффективность применения автоматизированной системы управления технологическими процессами в значительной степени зависит от квалификации специалистов и не исключает возможность субъективного малопродуктивного использования ресурсов в системе «человек-машина-животное».

Перспективное направление в создании ферм нового поколения – полная автоматизация производственных процессов, превращение биотехнического комплекса фермы в гибкую самоадаптирующуюся систему машин, параметры и режимы которых увязаны с

продуктивностью животных.

Развитие технико-технологического обеспечения животноводства происходит с развитием всех элементов производства животноводческой продукции, но не допускает повышение уровня механизации и автоматизации всех технологических процессов одновременно, так как это может привести к неоправданному повышению затрат и себестоимости животноводческой продукции. Поэтому оно должно осуществляться при дифференцированном подходе с определением полезности выполнения процессов, в том числе и при передаче управления процессами животному (содержание, кормление, поение, организация и подготовка процесса доения, гигиена тела, профилактика заболеваний опорно-двигательной системы) и процессов с использованием их энергетического потенциала, например, для лечения эндометрита и профилактика мастита коров. Управляемому (на основе моделирования) повышению концентрации функционально-качественного насыщения подлежат процессы доения (роботодоения), кормообеспечения, организация кормления животных с возможностью выбора рациона без снижения продуктивности (например, рационы с лечебными травами), обеспечения экологии производства, воспроизводства и лечение животных (тепловизоры, УЗИ, лечебные инфракрасные приборы), автоматизированная естественная вентиляция. Решением проблемы может быть применение на роботизированной ферме автоматической, базирующейся на использовании цифровых технологий (искусственный интеллект, большие данные, нейронные сети и др.), не требующей участия человека (оператора, животновода, ветеринара и др.) системы сбора информации о животных и производственных операциях и, на основании их анализа, корректирующей технологический процесс.

Реализация концепции технологии производства молока, основанной на интеллектуальных цифровых системах управления производством с применением роботизированных средств выполнения основных производственных операций и базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния, обеспечит проведение всех элементов производственного цикла по принципу «точно-вовремя» и окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров до 4-5 лактаций, обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции.

В перспективе система управления, построенная на вертикальных и горизонтальных принципах обмена информацией и анализе большого количества факторов, позволит оперативно автоматически оптимизировать производственные операции в соответствии с меняющимися

технологическими и экономическими требованиями, минимизируя возможность применения малоэффективных или ошибочных управленческих решений обеспечивая таким образом эффективное производство.

Точное, компьютеризированное или управляемое, животноводство позволяет максимально эффективно расходовать материальные ресурсы предприятия, гарантируя при этом не только краткосрочный эффект в виде повышения прибыли от производства молока, но и в долгосрочной перспективе увеличение срока продуктивного использования животного.

ГЛАВА 1. МОЛОЧНАЯ ОТРАСЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

1.1. Анализ состояния отрасли молочного скотоводства

Животноводство в Республике Беларусь занимает ведущее место в сельскохозяйственном производстве, на долю которого приходится более 50 % валовой продукции сельского хозяйства. Оно является основным источником финансовых средств для развития производственной базы агропромышленного комплекса страны.

Скотоводство – важнейшая отрасль животноводства республики, на долю которой приходится более половины стоимости валовой продукции животноводства. Основная часть поголовья крупного рогатого скота сосредоточена в сельскохозяйственных организациях – 96 %.

Молоко и молокопродукты в общем объёме производства пищевой промышленности страны занимают примерно 27 %. Обеспечение населения этой группой продуктов является актуальным вопросом продовольственной безопасности. Поэтому на государственном уровне развитие молочного скотоводства определено приоритетным направлением аграрной политики. Молочный подкомплекс – это один из важнейших элементов продуктовой структуры агропромышленного комплекса Беларуси.

Главная задача развития отрасли молочного животноводства страны состоит в сохранении продовольственной безопасности, повышении устойчивости экономического роста сельхозпроизводителей, улучшении всей инфраструктуры села и выведении её на европейский уровень продуктивности, обеспечении конкурентоспособности на отечественном и зарубежном рынках. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь по состоянию на 31.12.2020, производство молока (рис. 1) осуществляют 1156 сельскохозяйственных и иных организаций (их филиалы).

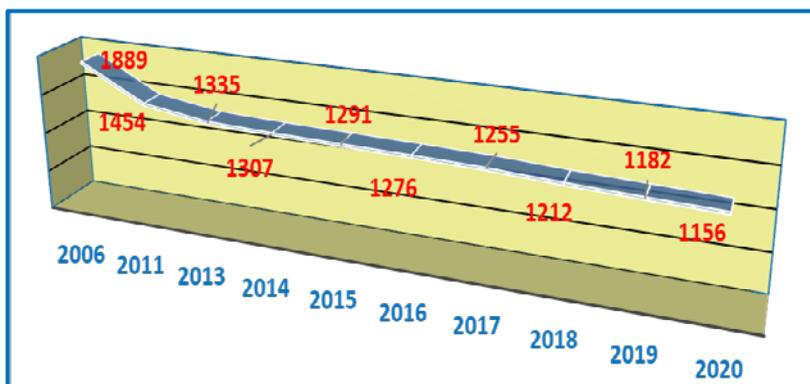


Рисунок 1 – Динамика численности сельскохозяйственных организаций, имеющих дойных коров

Анализ динамики количества сельскохозяйственных организаций, имеющих дойных коров, показывает, что, несмотря на устойчивое снижение хозяйств с 1889 в 2006 году до 1156 в 2020 (на 733 или 38,8 %), идёт одновременный рост поголовья коров и их продуктивности.

Положение дел в молочном скотоводстве, как и в целом в животноводстве, определяется уровнем применения современных ресурсосберегающих технологий, организацией кормопроизводства, и в первую очередь качеством заготавливаемых, производимых и используемых кормов, эффективностью работы по воспроизводству поголовья и его сохранности, особенно коров и приплода, укомплектованностью необходимыми кадрами и осуществлением их подготовки и переподготовки.

В отрасли произошли серьёзные структурные изменения. Если в 2000 году преобладал привязный способ содержания коров с доением в переносные ведра или молокопровод на молочно-товарных фермах с поголовьем от 100 до 400 голов дойного стада (около 95 %), то в настоящее время наблюдается концентрация поголовья и увеличение мощности ферм с широким внедрением промышленных технологий производства. Кроме того, сформирована генетическая основа молочного стада с потенциалом выше 8 тыс. килограммов молока, реконструированы и построены новые молочно-товарные фермы, на которых используется современное технологическое оборудование (вся линейка доильных установок «Ёлочка», «Параллель», «Тандем», «Карусель», доильные роботы и роботизированные установки), повысился общий уровень культуры производства и, прежде всего, квалификация кадров.

Динамичному развитию молочной отрасли способствовала принятая в 2003 году, в соответствии с решением Главы государства, программа по достижению 4000 кг молока от коровы в 700 сельскохозяйственных

организациях. Это позволило в 2006 году в целом по республике обеспечить запланированный уровень продуктивности и увеличить производство молока более чем в 2 раза к уровню 2000 года.

В период реализации программы положено начало масштабному переводу молочного скотоводства на промышленную основу.

В республике имеется около 4000 молочно-товарных ферм и комплексов, из которых оборудованы доильными залами и роботами более 1680, или примерно 40-45 % к их общему наличию. На индустриальных фермах содержится почти 2/3 поголовья молочных коров и производится более 60 % валового производства молока в общественном секторе. На промышленную технологию производства молока в Брестской области переведено практически 50 % всех молочно-товарных ферм и комплексов, Витебской – 17, Гомельской – 43, Гродненской – 47, Минской – 38 и в Могилёвской области – 50 %.

На этих фермах применяются современные ресурсосберегающие технологии содержания и кормления животных с доением в современных доильных залах или на роботизированных доильных установках с компьютерным обеспечением всех технологических процессов.

В результате реализованных мероприятий отрасль молочного скотоводства приобрела ярко выраженный индустриальный характер, что позволило перейти на новый технологический уклад.

Современные технологии производства молока при высоком уровне технологической дисциплины позволяют максимально реализовать потенциал продуктивности молочных коров. Использование такой технологической концепции позволяет снизить трудозатраты на 1 ц молока с 9,5 до 1,2 чел.-ч, расход кормов – с 1,3 до 0,9 к. ед., совокупные энергозатраты – с 85 кг условного топлива до 55-60 кг условного топлива, увеличить нагрузку на 1 оператора с 30 до 120 голов и приблизиться к производству молока на одного работающего на ферме до 500 тонн.

Работа по переходу на современные интенсивные технологии продолжается. Этой задаче наиболее полно отвечают крупные молочные комплексы с беспривязно-боксовым содержанием, оснащённые современными высокопроизводительными машинами и оборудованием, позволяющими автоматизировать трудоёмкие процессы и существенно повысить производительность труда, обеспечить более комфортные условия содержания животных, привлекательные и менее трудоёмкие условия труда для обслуживающего персонала.

Республика Беларусь обладает потенциалом увеличения объёмов производства молока к 2025 году до 9,7-9,8 млн. тонн. Выполнение поставленных задач может быть достигнуто при проведении комплекса организационных и технологических мероприятий по полному переходу на интенсивные технологии производства молока. Расчёт

интегрального коэффициента конкурентоспособности, отражающего эффективность использования ресурсов на основе анализа совокупности экономических, технологических и маркетинговых факторов показывает наличие значительного резерва в большинстве предприятий, занимающихся производством молока. В свою очередь, это влечёт за собой необходимость коренного пересмотра подходов к организации селекционно-племенной работы, кормопроизводства, управления основными технологическими процессами и пр.

Производительность дойного стада за 2020 год в среднем по республике составила 5314 кг (планировалось 5500-6000 кг) или за последние 10 лет повысилась на 473 кг, в то время как в период с 2000 до 2006 года прирост составил 1865 кг (рис. 2).

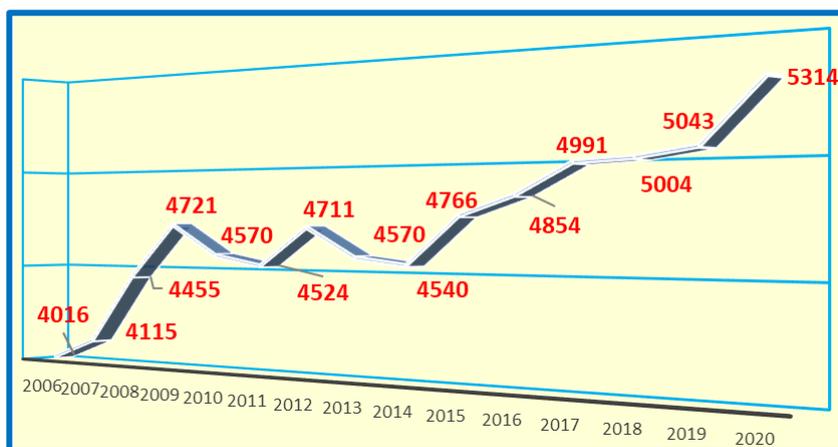


Рисунок 2 – Удой молока в Республике Беларусь на корову в год, кг

Динамика поголовья и валового производства молока (табл. 1) за последние десять лет показывает, что в среднем по республике поголовье коров увеличилось на 133,4 тыс. голов или на 9,5 % и составило на конец 2020 года 1 406 тыс. голов. Валовое производство молока возросло с 5739,2 тыс. тонн в 2010 до 7509,3 тыс. тонн в 2020 году (на 1770,1 тыс. тонн, или 23,6 %).

Таблица 1 – Динамика поголовья дойного стада и валового производства молока

Показатели	ГОДЫ		
	2010	2015	2020
Производство молока, тыс. тонн	5739,2	6635,1	7509,3
Поголовье коров, тыс. голов	1268,2	1383,7	1402,0

Абсолютный прирост объёмов производства молока за последние 10 лет составляет 1373 тыс. тонн, а среднегодовой прирост объема производства молока – 137,3 тыс. тонн, т. е. темп прироста объема производства молока составляет 27,7 % (рис. 3). Прирост численности коров дойного стада за последние 10 лет составляет 194 тыс. голов, среднегодовой прирост – 19,4 тыс. голов, т. е. темп прироста поголовья – 15,6 %. Рост продуктивности коров за последние 10 лет составляет 322 кг, а среднегодовой абсолютный прирост – 32,2 кг, т. е. темп прироста среднегодовой молочной продуктивности – 6,8 %. Фактически основная часть прироста валового производства молока обеспечивается за счёт увеличения поголовья скота, то есть преимущественно экстенсивным способом.

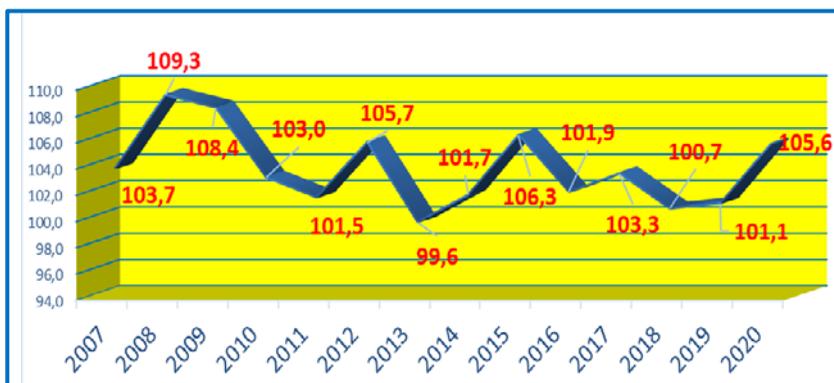


Рисунок 3 – Темп роста валового производства молока

Для обеспечения планируемого производства молока в 2021–2025 годах ежегодно требуется увеличивать продуктивность дойного стада в целом по республике на 500 кг молока от коровы. Это достижимо при качественном изменении подходов к кормопроизводству и кормлению животных, использовании современных подходов к ведению племенной работы с поголовьем дойного стада, интенсификации направленного выращивания ремонтного молодняка телок, создании комфортных условий содержания животных и нового современного технологического оборудования.

Структура производства молока в разрезе регионов за 2020 год выглядит следующим образом. Минская область производит 26 % от всего валового производства республики, или 1935,9 тыс. тонн (+153,5 тыс. тонн, или 100,8 % к уровню 2019 года), Брестская – 1854,6 тыс. тонн, или 24 % (+113,5 тыс. тонн, или 106,5 % к уровню 2019 года), Гродненская – 1349,1 тыс. тонн, или 18 % (+99,3 тыс. тонн, или 107,9 % к уровню 2019 года), Гомельская – 955,8 тыс. тонн, или 13 % (-33,4 тыс. тонн, или

96,6 % к уровню 2019 года), Могилевская и Витебская области – по 9 и 10 %, или 672,9 и 740,9 тыс. тонн соответственно (рис. 4).

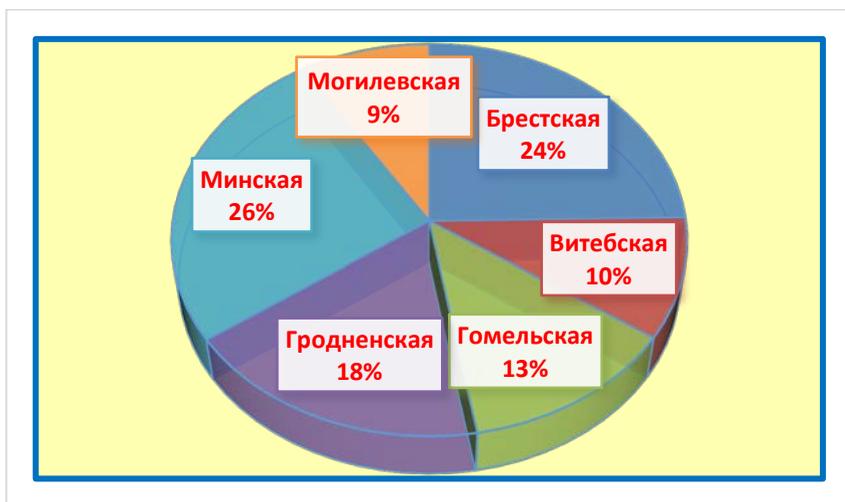


Рисунок 4 – Структура производства молока в разрезе регионов за 2020 год

Рост производства молока по Витебской области составил 24,5 тыс. тонн, или 103,4 % к уровню 2019 года, по Могилевской – 40,4 тыс. тонн, или 106,4 % к уровню 2019 года.

Группировка сельскохозяйственных организаций по среднему поголовью коров дойного стада показывает тенденцию к укрупнению, что свидетельствует о дальнейшей концентрации и специализации производства (рис. 5).



Рисунок 5 – Динамика численности сельхозорганизаций по поголовью коров дойного стада

Количество сельскохозяйственных организаций, которые за год получали от коровы по 7000 кг молока и более, увеличилось за последние годы с 16 в 2006 году до 215 в 2020, или более чем в 13 раз, а с продуктивностью от 6000 до 7000 кг с 67 до 142, или более чем 2 раза.

Наблюдается устойчивая тенденция к снижению численности хозяйств, имеющих сравнительно низкую продуктивность дойного стада. В целом же по республике в 694 сельскохозяйственных организациях (60 %) продуктивность дойного стада превышает 4-тысячный уровень.

Целенаправленная селекционно-племенная работа позволила «насытить» отечественный скот ценными генами и создать предпосылки для роста молочной продуктивности за счёт этого фактора, что подтверждают удои в передовых предприятиях.

Генетический потенциал отечественного молочного стада находится на уровне 9-9,5 тыс. кг молока от коровы в год, но, к сожалению, реализуется лишь наполовину.

Мониторинг, проведённый аграрными научно-практическими центрами НАН Беларуси по соблюдению технологических регламентов при производстве продукции показывает, что только 10-15 % сельскохозяйственных организаций работают с оценкой отлично или близко к этому, 30 % – хорошо, 40-45 % – удовлетворительно, а 20-25 % сельхозорганизаций, прямо скажем, – плохо, из них около 100 хозяйств – ниже всякой оценки. Конечно, в определённой мере это условно, но близко к истине.

Анализ достигнутых показателей свидетельствует, что, к сожалению, в развитии молочного скотоводства не в полной мере решены вопросы замены экстенсивных факторов (только наращивание поголовья) за счёт их активной замены интенсивными методами получения прироста валового производства молока, а опыт эксплуатации уже действующих ферм показывает, что наряду с положительными моментами выявился ряд нерешённых проблем, технологических, организационно-хозяйственных просчётов и упущений.

Более обобщённый анализ позволяет сделать вывод, что причины такого положения имеют двойственный характер.

Первое – это влияние «условно объективных» факторов, которые обусловлены недостаточной обеспеченностью ряда сельхозорганизаций высокопроизводительной техникой и оборудованием для выполнения работ в нормативные сроки (например, заготовка кормов из трав первого укоса за 2 недели), низкой обеспеченностью по технологическим нормам минеральными удобрениями, средствами защиты растений, другими ресурсами из-за дефицита финансовых средств, а также недостаточной надёжностью и качеством сельскохозяйственной техники и её сервисного обслуживания. Безусловно, это условно

объективные факторы, над которыми необходимо работать.

Второе – уровень организационной работы, технологическая и трудовая дисциплина, квалификация кадров и их ответственность. Как раз в 20-25 % сельхозорганизациях, в которых не соблюдаются технологические регламенты, наблюдаются пробелы в производственной и технологической работе, в работе с кадрами.

Применение новых технологий, основанных на комплексной механизации и автоматизации трудоемких процессов в молочном скотоводстве, требует научно обоснованного системного подхода.

К основным причинам, требующим незамедлительного решения, можно отнести следующее.

1. Кормовая база. Перевод на комплексах значительного поголовья коров на круглогодичное стойловое содержание не всегда синхронно сопровождался обеспечением животных кормами как в плане количества, так и в плане качества. Недоработки в кормопроизводстве являются одной из главных причин недобора животноводческой продукции, непроизводительного выбытия скота, болезней животных.

На протяжении последних лет динамика производства кормов имеет неустойчивый характер и на фоне прироста общей численности поголовья крупного рогатого скота, в том числе молочных коров, прирост составил 8-10 %, что и обусловило сложившуюся ситуацию с молочной продуктивностью.

Практически рост объёмов производства кормов не происходит. Сложилась ситуация, когда в объёмном выражении заготавливают корма только под уровень фактически сложившихся на данный момент поголовья и продуктивности.

В целом достигнутый уровень продуктивности дойного стада является предельно возможным по отношению к современному состоянию кормовой базы в широком смысле слова, включая объёмные и качественные показатели. Более того, это значимый сдерживающий фактор последующего роста удоев, что подтверждает динамика последних лет.

Решая вопросы кормопроизводства, мы синхронно решаем и другие проблемы.

2. Воспроизводство основного стада. Перекосы в кормопроизводстве и, как следствие, в кормлении крупного рогатого скота привели ко второй серьёзной проблеме – воспроизводству стада, включая сокращение непроизводительного выбытия продуктивных коров и ремонтного молодняка.

За 2020 год получено всего 1 492,5 тыс. голов телят, что больше прошлогоднего показателя на 16,7 тыс. голов. Уменьшилось поголовье получаемых от коров и тёлочек телят в Витебской (-2,2 тыс. голов) и Гомельской (-4,1 тыс. голов) областях (рис. 6).

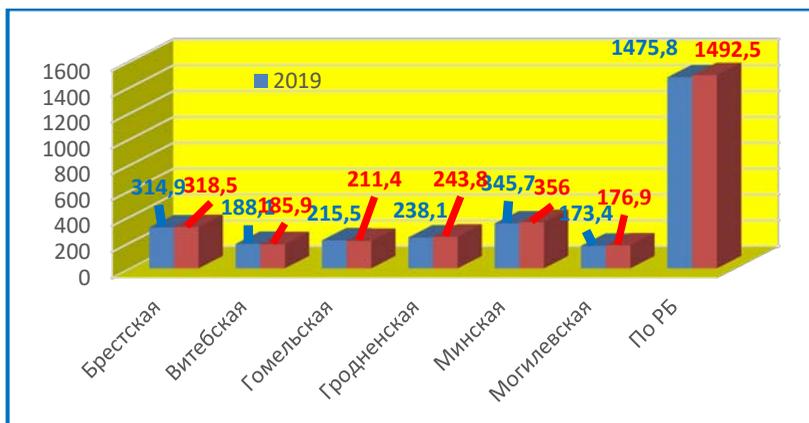


Рисунок 6 – поголовье телят, полученных от коров и тёлочек

В 1990 году в расчёте на 100 коров и тёлочек выход телят был на уровне 90 голов. Количество телят, полученных в расчёте на 100 коров и тёлочек, в 2016 году, составило 73 головы, в 2017 году – 74 головы, в 2018 году – 72 головы. Такой показатель сохранился и на протяжении 2019 и 2020 годов. Такое положение дел не обеспечивает расширенное воспроизводство стада и ограничивает возможности интенсивного отбора более продуктивных животных.

При силосо-концентратном кормлении повышенное содержание в кормовом рационе высоко-крахмалистых концентратов и одновременное уменьшение потребления структурной клетчатки из объёмистого корма приводит к возникновению лактатного ацидоза. В итоге происходят изменения в устойчивости иммунитета и других органов, снижается резистентность и уровень иммунной реактивности, что сопровождается высокой заболеваемостью и гибелью телят в первые дни жизни.

Для эффективного воспроизводства необходимо обеспечить выход телят на 100 коров не менее 95 голов. Оптимальным считается выращивание на 100 коров 30-35 нетелей. Таким образом, на имеющееся поголовье с учётом роста молочной продуктивности за счёт селекционно-племенной работы необходимо иметь как минимум 1568 тыс. голов телят, а с учётом расширенного воспроизводства стада с увеличением поголовья коров не менее 1596 тыс. голов телят.

Важным фактором совершенствования продуктивных качеств молочного стада является необоснованно высокое выбытие коров. Для обеспечения прогресса в селекционном процессе необходимо совершенствование организации работы с воспроизводством стада, включая сокращение **непроизводительного выбытия** продуктивных коров и ремонтного молодняка.

Справочно: *Выбытие коров из основного стада бывает двух видов: зоотехническое, то есть выбраковка, связанная с селекционно-племенной работой или обусловленная технологическими параметрами, и непроезводительное, связанное с различными заболеваниями.*

Важно отметить, что около 80 % коров с удоем 15 кг молока в сутки выбыло по хозяйственным причинам, место которых заняли менее продуктивные первотёлки. В результате такого воспроизводства продуктивность дойного стада не растет, а наоборот падает. Поэтому первотёлки с суточным удоем ниже 15 кг молока не должны вводиться в стадо.

Прогресс молочного скотоводства достигается тогда, когда пополнение основного стада производится за счёт первотёлок с продуктивностью не ниже среднего удоя по стаду. Такой уровень ремонта основного стада коров возможен только при вводе первотёлок в пределах 25–30 %. Замещение 40–45 % коров основного стада, возникающее в результате необоснованно высокого непродуктивного выбытия животных, неизбежно приведет к накоплению в стаде низкопродуктивных коров и, как следствие, к регрессу генетического потенциала.

В настоящее время коровы выбраковываются из стада в первую очередь по следующим основным причинам: нарушения репродуктивной функции; мастит и другие заболевания вымени; хромота (травмы конечностей) и в самую последнюю очередь из-за низкой продуктивности.

3. Технологическая дисциплина и кадровое обеспечение отрасли. Применение современных машинных технологий в молочном скотоводстве требует научно обоснованного системного подхода. Вместе с тем, зачастую после строительства новой современной фермы возникает проблема организации производства молока на интенсивной основе, связанная с непониманием сущности новой технологии, неготовностью руководителей, зооветспециалистов и исполнителей к ведению производства на совершенно новом организационно-хозяйственном и научно-техническом уровне. Фактически перейдя на промышленную технологию, кадры оказались не готовы к её практическому использованию.

Вышеуказанные проблемы в животноводстве усугубляются недостатком зооветеринарных специалистов. Обеспеченность руководящими работниками и специалистами отрасли на протяжении последних пяти лет находится в пределах 94 %. По отдельным сельскохозяйственным специальностям несколько ниже: зоотехниками и ветеринарными врачами организациями обеспечены на 84 %, агрономами и инженерами – на уровне 92 %.

В сельскохозяйственных организациях имеет место высокая сменяемость кадров и их выбытие. Проблема обеспечения

квалифицированными кадрами отрасли, в том числе и животноводства, требует в первую очередь ответственного подхода со стороны руководителей организаций. Своевременный подбор, грамотная расстановка и рациональное использование кадрового потенциала, создание условий для их закрепления – первоочередная задача.

Экономически устойчивые организации, в которых созданы благоприятные условия для труда, обеспечивают предоставление материальных и социальных гарантий, предусмотренных нормативными правовыми актами, а также имеют развитую инфраструктуру и не испытывают проблем с кадровым обеспечением. Такими примерами являются СПК «Колхоз «Родина» Бельничского района, СПК «Агрокомбинат «Снов» Несвижского района, ОАО «Беловежский» Каменецкого района, СПК «Остромечево» Брестского района и другие.

1.2. Экспорт молока и молочной продукции

Производство и переработка молока являются одним из наиболее перспективных и динамично развивающихся агропромышленных структурных подкомплексов. Вследствие роста населения Земли увеличивается потребление молока и молочных продуктов. Прежде всего, увеличиваются объёмы производства молока в развивающихся странах, доля которых в мировом производстве приближается к 50 %. Наиболее успешно вопросы его переработки решаются в Океании и Европе, где перерабатывается 94-98 % производимого молока.

Беларусь относится к государствам с высоким уровнем обеспеченности сельскохозяйственными угодьями. По наличию сельскохозяйственных земель на душу населения страна занимает в Европе 7-е место, по пашне – 6-е. Поэтому у нас большие резервы для роста производства молока, мяса и их экспорта, равно как и других видов продукции. Для этого имеются научно-технический потенциал и трудовые ресурсы.

Характерными признаками развитого молочного рынка являются удовлетворение спроса на молоко и молочные продукты, развитие его у потребителей, гибкость системы экономических отношений в цепочке «производство – переработка – потребление», сочетание невмешательства государства в хозяйственную деятельность субъектов молочного рынка с его регулированием на региональном, межрегиональном и национальном уровнях, наличие адекватной рыночным условиям нормативно-правовой базы. На внутреннем рынке страны потребляется около 50 % производимой молочной продукции, оставшаяся часть направляется на экспорт. Одной из составляющих конкурентоспособности белорусских молочных продуктов является их бренд. Ещё несколько лет назад кроме товарного знака «Савушкин» на рынке не было

профессионально брендированной молочной продукции. Сейчас ситуация динамично меняется. Потребитель уже знает и выбирает такие товарные знаки как «Бабушкина крынка», «Здравушка», «Беллакт», «Калинка», «Моя Славита» и т. п. Региональные производители начали задумываться о том, что выживание и расширение рынка невозможно без контакта с потребителем [45].

В мировом рейтинге стран-экспортеров молока Беларусь заняла 11-е место из 100 рассматриваемых проектом worldstorexports государств. Доля белорусского молока в мировом экспорте этого продукта в 2020 году составила 2,1 %. Выручка белорусского молочного экспорта превысила 597 млн. долларов США.

Беларусь немного отстала от Великобритании, занявшей 10-е место и получившей от экспорта 726 млн долларов, но опередила Саудовскую Аравию, занявшую 12-е место и выручившую от продаж молока и молочной продукции 528,8 млн долларов.

В стоимостном выражении страны, вошедшие в Топ-15 экспортеров, осуществили почти четыре пятых (79,5 %) мирового экспорта молока в 2020 году. По оценкам BusinesStat, с 2015 по 2019 годы продажи молока в мире выросли на 13 %: с 230,5 до 260,4 млн тонн. Наибольший прирост продаж наблюдался в 2016 году – на 4,2 % к уровню предыдущего года. Следует отметить, что на протяжении последних лет продажи молока в мире росли убывающими темпами по мере насыщения рынка. Мировое увеличение продаж молока связано не только с ростом численности населения планеты, но и с экономическим развитием и общим ростом благосостояния человечества. При этом мировой рынок молока последние годы претерпевает существенные трансформации, происходящие на фоне изменения потребительских предпочтений и смещения глобального демографического равновесия. Продажи молока растут в развивающихся странах и сокращаются в развитых. Рост численности населения развивающихся стран вкупе с постепенным экономическим развитием, происходящим в них, заставил производителей молока обратить пристальное внимание на эти рынки сбыта. В то же время в развитых странах наблюдается обратный эффект – продажи демонстрируют сокращение на фоне повсеместной популяризации идеи диеты и здорового питания, в соответствии с которыми некоторые люди отказываются от молока и молочных продуктов ввиду наличия в их составе сахара. Цена импорта молока в мире в 2019 году составила 0,53 доллара США за кг, что выше уровня 2015 года на 11,5 %. Она снижалась в 2016 и 2018 годах, росла – в 2017 и 2019. Наибольший скачок отмечался в 2017 году, когда средняя цена импорта молока увеличилась сразу на 11,5 % к предыдущему году. В 2020-2024 годы ожидается рост мировой цены импорта молока на 1,8-2,1 % ежегодно и в 2024 году она составит

порядка 0,58 доллара США за 1 кг.

Среди ключевых поставщиков молока самыми быстрорастущими странами с 2016 года были: Ирландия (рост на 147 %), Польша (65,3 %), США (63,3 %) и Новая Зеландия (рост на 49,3 %).

В 2020 году Беларусь поставила на экспорт сельскохозяйственной продукции и продуктов питания на сумму более 5,8 млрд. долларов США, что составило 104,3 % к уровню 2019 года. В целом прирост валютной выручки сложился в сумме 240,2 млн. долларов США. По сравнению с 2019 годом выросли объёмы экспорта молока и молочной продукции – до 2,4 млрд. долларов США (темп роста – 102,7 %). По оценке Минсельхозпрода, экспорт белорусской молочной продукции к 2030 году может приблизиться к 4 млрд. долларов.

За последние 5 лет объем экспорта молочной продукции вырос на 34 %, или на 600 млн. долларов. В 2019 году он составлял 2,3 млрд. (рост на 15 % к 2018 году). Молочную продукцию поставляли в 58 стран. С учетом планов по увеличению производства молока в стране (до 9,2 млн. тонн к 2025 году и до 10,5 млн тонн – к 2030) экспорт молочной продукции, по расчётам, тоже вырастет. Он достигнет 3,1 млрд. долларов к 2025 году и подойдет к цифре 4 млрд. к 2030 году.

Доля экспортных поставок молочной продукции составляет 60 % от объёма производства, при этом практически всё производимое сухое обезжиренное и сухое цельное молоко поставляется за рубеж. У сыров и масла также достаточно высокая доля экспорта – 83,5 и 68 % соответственно.

Российский рынок для белорусских производителей был и остаётся основным в силу сложившихся торгово-экономических отношений, удобной логистики, отсутствия таможенных барьеров, к тому же здесь любят наши молочные продукты. Однако время диктует свои правила. Россия активно развивает собственное молочное скотоводство и ежегодно увеличивает объёмы производства молока и молочных продуктов. Понимая, что на общем рынке Союзного государства скоро станет совсем тесно, решено развивать диверсификацию экспортных поставок и постепенно переориентировать товарные потоки на другие рынки сбыта. С 2015 года доля российского рынка снизилась на 12,2 процентных пункта.

Растут поставки в страны СНГ. Наиболее активная торговля молочной продукцией идёт с Казахстаном, Кыргызстаном и Азербайджаном. Доля экспорта в страны дальнего зарубежья увеличилась с 0,3 % в 2015 году до 6,1 % в 2020-м. Для поставок в Китай аккредитовано 56 белорусских молокоперерабатывающих предприятий. Экспорт белорусской молочной продукции в КНР за пять лет вырос в десятки раз.

Следовательно, для успешной конкуренции на мировом рынке и

внешнеэкономической эффективности перед животноводами и молочной промышленностью республики стоит задача в ближайшие годы производить в общественном производственном секторе достаточно большие объёмы молока, соответствующего уровню качества, принятого в странах ЕС (сорт «экстра» в Беларуси). Необходимо наращивать объёмы экспорта молочной продукции высокого качества, соответствующей потребительским предпочтениям и запросам с учётом того, что конкурентные позиции отечественных производителей в перспективе будут определяться как глобальными тенденциями развития мирового рынка, так и внутренними факторами, прежде всего, макроэкономической и аграрной политикой [47].

Повышение качественных параметров молока до уровня развитых стран может быть достигнуто за счёт: внедрения систем контроля качества по всей цепочке «производство – переработка – сбыт», технического переоснащения организаций агропромышленного комплекса путём широкомасштабной механизации технологических процессов на крупных сельскохозяйственных предприятиях, обновления машинного парка по доставке молока на перерабатывающие предприятия, расширение технических возможностей лабораторий на республиканском и региональном уровнях, производственных лабораторий предприятий.

Дальнейшее развитие животноводства при активном научном обеспечении позволит достичь запланированных объёмов производства, удовлетворить потребность населения республики в мясомолочных продуктах в соответствии с научно-обоснованными медицинскими нормами их потребления и иметь значительный потенциал для экспортных поставок.

1.3. Предложения и пути решения проблем

Для обеспечения дальнейшего устойчивого развития отрасли необходимо реализовать следующие задачи:

1. Развитие *интенсивного кормопроизводства* как приоритетного направления, гарантирующего обеспечение животноводства *высококачественными сбалансированными дешёвыми кормами* при обеспечении энергетической питательности 1 кг сухого вещества травяных кормов не менее 10–10,5 МДж с содержанием белка на уровне 18–20 %, а энергетическая питательность кукурузного силоса должна быть не менее 0,35–0,4 к. ед. (2–2,5 кг кукурузного силоса должны быть эквивалентны по питательности 1 кг зерна).

Развитие кормовой базы должно опережать рост поголовья и продуктивности животных. Начинать нужно с земледелия, обеспечивая производство кормов с высоким содержанием энергии и протеина.

Производство высокоэнергетических качественных травяных кормов позволяет значительно повысить питательность объёмистой части рациона и приблизить фактическое содержание в них питательных веществ и энергии к физиологическим потребностям животных и, тем самым, уменьшить расход концентрированных кормов. Задача состоит в том, чтобы в каждой сельскохозяйственной организации, исходя из планируемой продуктивности, наметить и осуществить меры по проведению на должном уровне кормозаготовок с применением современных ресурсосберегающих технологий с использованием отечественных консервантов с целью обеспечить гарантированное получение высококачественных кормов с максимальной сохранностью питательных веществ исходного сырья и получения на этой основе конкурентоспособной животноводческой продукции.

Для реализации генетического потенциала продуктивности молочного скота в ближайшие годы производство кормов необходимо довести до **45-50** ц к. ед. на условную голову скота, в том числе на стойловый период – не менее 25 ц, а в дальнейшем соответственно до 50 и 32 ц. Для выполнения прогнозируемых показателей по производству продуктов животноводства объёмы заготовки кормов должны быть увеличены как минимум в 2,4 раза. Травяные корма в общем объёме должны занимать 60 %.

2. *Тщательное изучение современных ресурсосберегающих технологий* специалистами и руководителями всех уровней, организацию эффективного обучения кадров (на основе уже полученного опыта и проведённого анализа) имевшим место недостатков, принятию упреждающих мер по недопущению нарушений технологий, которые могут привести к ухудшению качества кормов и в конечном итоге обернуться невосполнимыми потерями или недобором продукции.

3. *Реализация генетического потенциала* невозможна без обеспечения надлежащего выращивания ремонтных тёлочек с гарантированным получением прироста в сутки 750 г и более, осеменением их при достижении живой массы 380-400 кг в возрасте 15-16 месяцев. Ко времени первого покрытия в 15-месячном возрасте должна быть достигнута живая масса не менее 70 % от взрослого животного, а к отёлу в 24 месяца – 80-85 % от массы взрослого животного, но не меньше 525 кг.

4. *Продолжить углублять специализацию* молочного скотоводства и внедрение ресурсосберегающих технологий. Полагаем целесообразным основное производство молока сосредоточить в 700–800 специализированных сельскохозяйственных организациях на крупных фермах (1000 и более коров), в которых будет производиться не менее 70 % общего объёма молока. В этих организациях необходимо иметь современные фермы и высокопроизводительную кормоуборочную технику,

вести опережающую работу по созданию кормовой базы. Это позволит иметь около 1000 ферм с поголовьем 1000 голов и 1000-1200 реконструированных ферм со средним размером 400-600 голов. При этом число ферм в стране сократится в 2 раза, а их размер увеличится с 250 до 400-450 голов.

5. Для решения поставленных задач по развитию и интенсификации животноводства республики необходимо разработать и реализовать комплексные научные программы, позволяющие увязать в одну технологическую цепочку вопросы селекции, генетики, разведения и воспроизводства, кормления и кормопроизводства, технологий содержания и использования сельскохозяйственных животных.

6. Важнейшим направлением должно стать *информационное и консультационное обеспечение* товаропроизводителей по важнейшим проблемам развития животноводства. Обучение и переобучение кадров должно предусматривать изучение новейших мировых достижений в области селекции и воспроизводства стад, кормления и кормопроизводства, технологий производства продукции.

Должна быть создана *стройная система подготовки кадров*, способных не только выполнять плановые показатели роста производства продукции, но и свободно владеющих и применяющих программы по кормлению животных, ведению племенной работы и др. Без таких знаний в современном мире специалист не способен сколько-нибудь значимо оказывать влияние на эффективность работы своего хозяйства, района, области и отрасли в целом. Для этого необходимо:

- обеспечить подготовку и системное повышение квалификации кадров всех уровней для применения ресурсосберегающих технологий в целом и всех составляющих операций в соответствии с требованиями технологических регламентов на их осуществление;

- организовать постоянное научное сопровождение, консультирование, обучение и подготовку специалистов новым методам производства, организации и управления путем внедрения дистанционного обучения и применения IT-технологий (например, создание Республиканской информационно-консультационной интернет-системы по животноводству, проведение вебинаров, тестирование после обучения, доступ к специализированным электронным ресурсам и пр.).

7. Для повышения эффективности технологического и научного сопровождения отрасли животноводства и ответственности в вопросе координации действий Минсельхозпрода, НАН Беларуси, Минпрома, Минстройархитектуры, Госстандарта и других министерств и ведомств следует:

- создать экспертную комиссию с участием представителей заинтересованных ведомств и научных учреждений для оценки

технологической готовности хозяйства к переходу на интенсивные методы производства. Бюджетное финансирование строительства и реконструкции ферм под беспривязное содержание производить только на основании экспертного заключения комиссии;

- обязать заказчиков вне зависимости от форм собственности и ведомственной принадлежности согласовывать с профильными научными учреждениями предпроектные решения, технические задания, задания на проектирование объектов строительства, модернизацию и реконструкцию животноводческих ферм и комплексов;

- для широкого оперативного внедрения научных разработок в сельскохозяйственное производство под каждый разрабатываемый проект строительства, модернизацию и реконструкцию животноводческих ферм и комплексов необходимо разработать адресную технологию производства, включающую вопросы содержания, кормления, воспроизводства и менеджмента в привязке к конкретной сельскохозяйственной организации;

- установить единый для всех разработчиков порядок принятия и согласования технических заданий, технических условий, технологических и технических регламентов, а также иной нормативно-технической документации, разрабатываемой для нужд животноводства;

- предусмотреть обязательную экспертизу и согласование с РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» технических заданий, технических условий, технологических регламентов, отраслевых стандартов и иной нормативно-правовой и нормативно-технической документации по новым разработкам для нужд отрасли животноводства;

- организовать на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» обязательную экспертизу технологической части проектов строительства, модернизации и реконструкции животноводческих ферм и комплексов;

- возложить на РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» координацию всех научных исследований, проводимых в республике, в области зоотехнии, а также имеющих непосредственное отношение к животноводству;

- создать координационный центр по проведению геномного анализа животных в включенных в перечень сельскохозяйственных организациях на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», который будет координировать работу существующих лабораторий (аккредитованных в системе Госстандарта): лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования, лаборатории ДНК-технологий (Гродненский ГАУ) и лаборатории генетики животных ГНУ «Институт генетики и цитологии

НАН Беларуси»;

- организовать на базе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» сертификацию ввозимых в республику сельскохозяйственных животных, кормов и кормовых добавок, технологического оборудования.

Оценка динамики развития молочного скотоводства позволяет утверждать, что Республика Беларусь обладает потенциалом увеличения объёмов производства молока до 9,0-9,5 млн. тонн. Выполнение поставленных задач может быть достигнуто при проведении комплекса организационных и технологических мероприятий по завершению поэтапной специализации сельскохозяйственных и иных организаций (их филиалов) и переходу на промышленные, интенсивные технологии производства молока. В свою очередь, это влечёт за собой необходимость коренного пересмотра подходов к организации селекционно-племенной работы, кормопроизводства, управления основными технологическими процессами и пр.

ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

2.1. Направления развития молочного скотоводства

Анализ тенденций развития молочного скотоводства, а также оценка уровня конкуренции на рынках молочной продукции показывает, что дальнейшее развитие отрасли возможно только путём ускоренной интенсификации производства. С учётом имеющегося производственного потенциала и долговременных прогнозов потребностей, сформировавшихся на потенциальных рынках сбыта, можно полагать, что развитие молочного скотоводства может быть перспективно в двух направлениях:

1) дальнейшее повышение продуктивности животных за счёт максимальной реализации генетического потенциала, обеспечивающей эффективное ведение отрасли, формирование сырьевых ресурсов и экспортного потенциала;

2) выращивание и реализация племенного молодняка и племенной продукции (сперма и эмбрионы) крупного рогатого скота на внешний рынок.

При этом основным направлением развития животноводства должна стать экономическая составляющая получения конкурентоспособной продукции отрасли, а рост производства молока в республике должен обеспечиваться комплексным решением трёх основных задач (рис. 7):

- 1) повышение генетического потенциала и жизнеспособности животных путем целенаправленной селекции с использованием лучших мировых генетических ресурсов и методов клеточной и геномной инженерии;
- 2) совершенствование технологии заготовки кормов и норм кормления, разработка рецептов комбикормов и кормовых добавок с использованием местных сырьевых источников, широкое применение наиболее продуктивных кормовых культур и, прежде всего, высокобелковых;
- 3) совершенствование технологии производства и условий содержания, использования животных и экономически обоснованное региональное получение животноводческой продукции.



Рисунок 7 – Составляющие экономической эффективности производства молока

Максимальная отдача может быть получена только в том случае, если все вышеназванные составляющие работают взаимосвязанно, ритмично и бесперебойно. Любое нарушение хотя бы одной из составляющих приводит к потере запланированной продукции.

2.1.1. Генетический потенциал

В современных условиях интенсификации молочного скотоводства главной задачей для сельхозпроизводителя является поддержание на нужном уровне или увеличение валового производства молока с заданными параметрами качественных показателей. Решить эту задачу можно не только путём увеличения или сохранения на определённом уровне поголовья крупного рогатого скота при создании оптимальных

условий содержания и кормления животных, но и повышением генетического потенциала продуктивности каждого последующего поколения. На всех уровнях селекционно-племенная работа в молочном скотоводстве осуществляется при методическом и организационном сопровождении РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» Белплемживобъединения Минсельхозпрода.

Формирование высокого, наследственно обусловленного потенциала продуктивности и получение максимального селекционного прогресса достигается при использовании в племенной работе принципов крупномасштабной селекции, базирующихся на разработке и реализации оптимизированной селекционной программы, обеспечивающей максимальный генетико-экономический эффект на основе популяционной генетики. При этом основными принципами являются:

- достоверная оценка племенной ценности быков-производителей на основе проверки потомства с использованием современных, международно признанных методов по генетическим параметрам;

- отбор и использование генетически лучших коров для получения ремонтных бычков (матери быков);

- отбор быков-лидеров (индекс племенной ценности более 120 ед.) белорусской селекции и завоз по импорту лучшего селекционного материала для получения новых генераций племенных быков при целенаправленном подборе их к отобраным матерям быков;

- реализация системы проверки продуктивности с учётом изменения экономического значения основных признаков селекции: удой, молочный белок, молочный жир, экстерьерные признаки, воспроизводство, здоровье вымени и конечностей.

Комплексное применение классических методов селекции в сочетании с внедрением в селекционный процесс ДНК-маркеров показателей продуктивности, воспроизводительных качеств, продолжительности хозяйственного использования, учётом в процессе разведения племенных животных результатов ДНК-диагностики наследственных заболеваний крупного рогатого скота, а также крупномасштабное целенаправленное использование метода трансплантации эмбрионов позволили в относительно короткий срок качественно изменить разводимый в республике скот чёрно-пёстрой породы. На её базе созданы новые заводские линии, сформированы селекционные стада и, в конечном итоге создана утвержденная в 2020 году голштинская порода молочного скота отечественной селекции с генетическим потенциалом продуктивности на уровне 10-12 тыс. кг молока с содержанием жира 3,6 %, белка – 3,2% (рис. 8).



Рисунок 8 – Голштинская порода молочного скота отечественной селекции

Для выведения белорусской голштинской породы была проделана значительная работа в последние 15-20 лет. В 2015 году выведены две новые заводские линии скота голштинской породы отечественной селекции – Аэростара 383622 и Мелвуда 1879149. Они отличались достаточно высоким уровнем показателей молочной продуктивности: средний удой – 7796 кг молока с содержанием жира 4,04 % и белка 3,37 % и соответственно 7827 кг, 4,08 и 3,36 %; по молочному жиру их продукция на 8-10 % превышает показатели сверстниц других линий. В 2016 году выведена новая заводская линия скота голштинской породы отечественной селекции – Прелюде 392457, которая отличается достаточно высоким уровнем показателей молочной продуктивности: средний удой – 9135 кг молока с содержанием жира 3,64 % и белка 3,30 %; по продукции молочного жира животные на 8-10 % превышают показатели сверстниц других линий. Представители созданных линий имеют достаточно высокий уровень развития во все периоды выращивания и эксплуатации, коровы обладают хорошими воспроизводительными способностями, здоровым выменем и пригодны к механическому доению на промышленных комплексах.

Далее была сформирована голштинская популяция молочного скота отечественной селекции численностью 960 тыс. голов с генетическим потенциалом 10-11 тыс. кг молока с содержанием жира 3,6 %, белка – 3,2 % со следующими фенотипическими показателями молочной продуктивности: удой – 5268 кг молока с содержанием жира 3,75 %, белка – 3,25 %.

Для создания голштинской популяции использовалось межпородное

скрещивание по типу поглотительного коров белорусской чёрно-пёстрой породы с голштинскими быками плановых линий породы селекции США, Канады и Германии с высоким генетическим потенциалом продуктивных качеств (удой женских предков быков на уровне 10-17 тыс. кг молока). Этот метод дал возможность решить поставленную задачу – создать голштинскую популяцию в более короткие сроки при индивидуальном и индивидуально-групповом целенаправленном подборе родительских пар, использовании быков с высоким улучшающим эффектом и насыщении в течение 4-5 поколений родословных животных предками с высокой племенной ценностью. Именно быкам-производителям принадлежит ведущая роль в создании голштинской популяции.

Генеалогическая структура голштинской породы молочного скота отечественной селекции представлена шестью новыми заводскими линиями: Джастик 122358313, Прелюде 392457, Аэростар 383622, Мелвуд 1879149, Букем 66636657, Блитц 17013604 и 12-ю семействами коров. Порода характеризуется высокими показателями молочной продуктивности: средний удой 2067 апробированных коров составляет 9837 кг молока жирностью 3,88 %, белковомолочностью – 3,43 %.

Коровы достаточно хорошо развиты: средняя живая масса первотелок составляет 562 кг, второго отёла – 606 кг и третьего и старше – 637 кг. Племенные быки достигают живой массы в 6 месяцев в среднем 203 кг, 12 месяцев – 391 кг, 2 года – 646 кг, 5 лет – 965 кг. Коровы новой породы характеризуются хорошими показателями функциональных признаков вымени, их средняя скорость молокоотдачи составляет 2,66 кг/мин. Средний возраст коров первого отёла составляет 24 мес., что является экономически оправданным. Средний показатель продолжительности сервис-периода при высоком уровне молочной продуктивности коров в стадах колеблется от 126 до 143 дней. Племенные быки новой породы отличаются высокими показателями по воспроизводительным качествам. У большинства (94,6 %) из оценённых коров (2039 гол.) величина индекса племенной ценности по экстерьеру равна 100 % и выше, что указывает на их высокую оценку. В племенных сельскохозяйственных организациях и племпредприятиях республики генеалогическая структура маточного и бычьего поголовья по численности и качеству позволяет проводить целенаправленный подбор, получать животных новых генераций и проводить плановую ротацию линий.

Известно, что количественные признаки подвержены воздействию нескольких пар генов, многие из которых обладают малым индивидуальным фенотипическим эффектом. Фенотип их по такому признаку подвергается воздействию со стороны аддитивных или неаддитивных генов или аддитивных и неаддитивных одновременно. Эффект скрещивания достигается в основном за счёт проявления аддитивного эффекта

и наибольшее улучшение от селекции достигается через выявление и использование генетически препотентных быков.

Понятие племенной ценности в мире не является универсальным. В разных странах в него вкладывают разный смысл, базирующийся на местных условиях, рынке и традициях. За различными селекционными индексами скрываются различные стратегии и цели разведения. Если целью разведения является повышение рентабельности производства молока, то повышение уровня продуктивности должно происходить без потерь плодовитости и здоровья. Для успешной селекции по функциональным признакам необходимо уделять более серьёзное внимание прямым показателям здоровья и в меньшей степени – выставочному экстерьеру.

В конце 90-х годов, когда селекционеры мира осознали необходимость улучшения воспроизводительных качеств и здоровья голштинской породы, они обратили внимание на опыт стран Северной Европы. Исторически сложилось так, что эти страны (Швеция, Норвегия, Дания и Финляндия) придавали большое значение в селекции молочного скота признакам здоровья и воспроизводства. Впервые эти признаки были введены в национальную программу разведения Швеции в 1975 году. Вскоре эта практика была внедрена в соседних странах – Дании, Финляндии и Норвегии. До 1994 года только эти государства использовали показатели воспроизводства и здоровья в генетическом улучшении молочного скота.

В мировой практике разведения голштинской породы произошло изменение направления селекции. Современное направление в селекции голштинской породы характеризуется увеличением внимания к признакам воспроизводства и здоровья. В то же время имеются существенные различия в том, какую роль занимают эти показатели в направлении селекции различных стран. Удельный вес различных селекционных параметров определяется целым спектром факторов, среди которых есть и особенности местного животноводства, характеристики рынка, наличие и качество первичных данных, а также местные традиции разведения.

В селекции основную долю генетического прогресса продуктивности обеспечивают быки-производители, что обусловлено возможностью высокой точности оценки их генетических достоинств при наличии большого количества дочерей и высокой интенсивности их отбора. Ещё большее влияние оказывают производители, использовавшиеся в качестве отцов быков следующих генераций.

Ежегодно при разработке индивидуальных планов подбора быков за маточным поголовьем стад закрепляются быки-улучшатели по молочной продуктивности, по экстерьерным признакам, продолжительности использования, соматическим клеткам, плодовитости

(оплодотворяемость дочерей, лёгкость отёла и наличие рецессивных генетических дефектов BLAD, CVM и BY). Использование быков, имеющих высокую оценку по выше перечисленным признакам, позволяет вести селекцию путём косвенного отбора по продолжительности продуктивного использования коров и повышает рентабельность молочного скотоводства. Если маточное поголовье аккумулирует всю ранее введенную генетику, то бык-производитель, как отец будущего поколения, является тем фактором, который может способствовать как сохранению, закреплению и усилению выраженности в потомстве ценных, наиболее желательных наследственных качеств, так и получению новых при удачном сочетании одного и другого родителя.

Большое влияние на экономику производства молока оказывает срок хозяйственного использования животных. Более 65 % прибыли в молочном скотоводстве обусловлено долголетием коров. Для получения молочной коровы (от рождения до первого отёла проходит более 2 лет) затрачиваются большие средства на её выращивание, оплату труда и другие издержки по обслуживанию, которые постепенно окупаются молочной и мясной продукцией. Поскольку выращивание ремонтной тёлки до продуктивного возраста обходится дорого, то корова должна эксплуатироваться достаточно длительный срок, чтобы окупить затраты на её выращивание. При долголетнем использовании высокопродуктивных коров увеличивается пожизненная молочная продуктивность и выход телят.

В странах с развитым молочным скотоводством в настоящее время применяются новые, более эффективные подходы к оценке племенной ценности молочного скота по долголетию и воспроизводительным качествам. Разработка собственных методик с учётом международного опыта позволит значительно повысить эффективность племенной работы. Внедрение системы оценки племенной ценности, соответствующей международным требованиям, является главной задачей, которая в республике решается поэтапно. Разработаны программные средства для проверки запланированных для использования ремонтных бычков методом сравнения сверстниц (СС-тест).

В настоящее время в РУП «Головной информационно-вычислительный центр Минсельхозпрода», на основании областных информационных ресурсов, созданы базы данных по быкам-производителям племенных предприятий и активной части популяции маточного поголовья областей, проводится актуализация и пополнение информации по продуктивности коров и оценке быков. На их основе завершается переход к оценке племенной ценности животных по BLUP-методу (отцовская модель), имеющему более высокую достоверность.

Предпосылками для применения электронной обработки данных в

скотоводстве являются:

- единая система мечения скота в соответствии с рекомендацией Минсельхозпрода;
- проверка молочной продуктивности и экстерьерных признаков отдельного животного;
- определение качества молока в специализированных молочных лабораториях;
- учёт и контроль за воспроизводством поголовья.

2.1.2. Уровень кормления

В странах с развитым скотоводством принято считать, что молочная продуктивность коров зависит на 50-60 % от качества кормов и уровня кормления. По данным российских учёных, показатель удоя на 25 % детерминирован генетическими факторами и на 75 % прочими, из которых 35 % составляют условия кормления и содержания, 25 % – состояние здоровья животного и 15 % – возраст и сезон лактации [46, 72]. По-видимому, близкие, но всё же различающиеся мнения о влиянии уровня кормления на молочную продуктивность обусловлены оценкой степени воздействия и определением соотношения различных факторов выполненными в различных условиях хозяйствования.

Потенциал производства травяных кормов в Республике Беларусь оценивается в 50 млн. тонн к. ед. Его рациональное использование должно определять экономически обоснованную структуру животноводства. При этом стоит учитывать, что себестоимость кормовой единицы многолетних трав в 4 раза ниже зерна. При этом с увеличением уровня продуктивности снижается удельный расход кормов на единицу продукции и резко повышаются требования к качеству кормов. В то же время следует отметить, что генетический потенциал отечественного молочного стада, находящийся на уровне 9-9,5 тыс. кг молока от коровы в год, к сожалению, реализуется лишь на половину.

Благодаря биологическим особенностям пищеварения, крупный рогатый скот способен эффективно использовать травяные корма, что является предпосылкой дальнейшего развития отрасли, более широкого применения интенсивных методов её ведения. При этом расчёт энергетической конверсии кормов в продукцию доказывает перспективность углублённой специализации молочного скотоводства. Если расход кормов на получение 100 МДж молока принять за 100 %, то на такое же количество энергии, содержащейся в говядине, необходимо затрачивать в 5,4 раза больше, свинине – 2,5 и в мясе птицы – в 1,9 раза.

Мониторинг эффективности работы молочно-товарных ферм и комплексов показывает, что перевод значительного поголовья коров на

круглогодичное стойловое содержание, не всегда синхронно сопровождался обеспечением животных кормами, как в плане количества, так и в плане качества. Недоработки в кормопроизводстве являются одной из главных причин недобора животноводческой продукции, непродовольственного выбытия скота, болезней животных.

На протяжении последних лет динамика производства кормов имеет неустойчивый характер. Как показано выше, на фоне увеличения общей численности поголовья крупного рогатого скота практически не отмечается рост объемов производства кормов. Современное состояние кормовой базы, в широком смысле слова, включая объемные и качественные показатели, соответствует достигнутому уровню продуктивности дойного стада и является серьезным сдерживающим фактором последующего роста удоев, что подтверждает их динамика последних лет.

Следует отметить, что наблюдающийся в последние годы в сельскохозяйственных организациях республики рост молочной продуктивности коров прежде всего связан с увеличением в рационе доли комбикормов и в гораздо меньшей степени с повышением качества травяных кормов.

Нарушение соотношения количества концентрированных и травяных кормов неизбежно сказывается на ухудшении здоровья животных: снижении рН рубца, нарушении кислотно-щелочного равновесия крови, обмена веществ, воспроизводительной функции. Всё это приводит к сокращению сроков лактации, раннему выбытию коров из стада. Практика использования высокопродуктивных (более 8 тыс. кг молока) молодых коров свидетельствует, что при непосильной для них лактационной нагрузке и отсутствии детализированного кормления (по 25–28 элементам питания) возникает антагонизм между молочной продуктивностью и воспроизводительными способностями животных.

Организм крупного рогатого скота способен усваивать уксусную, пропионовую и масляную кислоты, но не молочную. Если рацион животного из-за большого количества комбикормов содержит много крахмала, то он начинает сбраживаться до молочной кислоты. Рубец клинически здоровых животных заселён большим количеством микроорганизмов (от 100 тыс. до 1 млн. в 1 мл рубца), которые могут расщеплять крахмал, усваивать молочную кислоту и превращать её в пропионовую или другие метаболиты. Однако при рН около 6-5,5 скорость их роста резко снижается, что и приводит к прекращению утилизации лактата и его большому накоплению в рубце. Запускается каскадный механизм лактатного ацидоза. При угнетении их роста уменьшается целлюлазная активность содержимого рубца. Желудочно-кишечный тракт коровы перестаёт переваривать клетчатку и усвоение рациона резко снижается.

Высокая доля комбикормов в рационах крупного рогатого скота

сводит на нет основное преимущество отрасли – способность животных переваривать большое количество клетчатки. Хозяйство при этом не только несёт огромные затраты на комбикорма и лечение, но и, превращая корову в моногастричное животное, в конце концов лишает её способности переваривать силос и сено.

Энергетическая ценность травяных кормов за последние 15 лет увеличилась только с 6,6 до 7,8 МДж в килограмме сухого вещества корма или, примерно, на 20 %. В настоящее время среднестатистический рацион в республике дойного стада в зимний период содержит в 1 кг сухого вещества 8-8,5 МДж обменной энергии, 10-11 % сырого протеина (суточный удой – 11,5-12 кг) против минимально необходимого 9,5 МДж и 13-14 % сырого протеина для суточного удоя 14-15 кг. При этом следует заметить, что около 35 % энергетики рациона обеспечивается за счёт концентрированных кормов.

Основная потеря питательной ценности кормов происходит в период их заготовки. В среднем по республике в результате нарушения сроков и технологии заготовки потери достигают до 40 % по отношению к исходному сырью (в зарубежной практике не более 10 %). Более половины заготавливаемого сенажа и силоса по качественным характеристикам относятся ко II-III классам, а, следовательно, их питательная ценность на 30 % ниже кормов I класса.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что содержание сырого протеина в расчёте на одну кормовую единицу объёмистых кормов приобрело устойчивую тенденцию к сокращению. Если в 2010 году в расчёте на одну кормовую единицу приходилось 120 г сырого протеина (не очень высокое значение относительно нормы 140-160 г), то в последние 2 года уже на уровне 100 г. Недобор молочной продукции только по этому фактору можно оценивать в 1000 кг молока на корову в год.

Как показывает практика и исследования, любые нарушения технологических требований на каждом из этапов заготовки, закладки на хранение и использовании кормов вызовут существенное ухудшение их качества. Поэтому там, где заготовлены некачественные корма, вывод один – нарушена технология.

Для планирования продуктивности молочного стада на уровне 5000 кг молока требуется заготавливать кукурузный силос высшего класса (более 9,8 МДж обменной энергии и 100 г сырого протеина в сухом веществе). Для повышения продуктивности коров до 7000 кг молока в год содержание обменной энергии в силосе кукурузном должно быть выше на 3 %. Для получения 5000-7000 кг молока, силос и сенаж из подвяленных трав должны быть не ниже первого класса (более 8,9 МДж обменной энергии и 140 г сырого протеина).

В целях кардинального решения проблемы кормопроизводства в условиях Республики Беларусь необходимо:

а) повысить эффективность использования многолетних трав и прежде всего за счёт увеличения доли бобовых и бобово-злаковых травосмесей в общей структуре трав до 80 %. При этом выход белка увеличивается в 1,5 раза;

б) перейти на уборку травостоев в биологически оптимальные сроки, обеспечивающие конкурентоспособность молока и гарантированную рентабельность на уровне 25-30 %;

в) решить проблему белка за счёт использования зернобобовых культур и рапса. За счёт рапса можно произвести около 700 тыс. тонн белкового сырья (жмых, шрот) и практически исключить ввоз в республику дорогостоящих белковых кормов импортного производства, за исключением необходимых объёмов белкового сырья из сои для молодняка птицы и свиней. Только за счёт этого стоимость 1 к. ед. концентрированных кормов для птицеводства и свиноводства снизится, как минимум, на 30 %.

Чрезвычайно важно внедрение ресурсосберегающих технологий и решение проблем ускоренного развития интенсивного кормопроизводства, гарантирующих обеспечение животноводства высококачественными сбалансированными дешёвыми кормами при обеспечении энергетической питательности 1 кг сухого вещества травяных кормов не менее 10-10,5 МДж с содержанием белка на уровне 18-20 %. Энергетическая питательность кукурузного силоса должна быть не менее 0,35-0,4 к. ед. (2-2,5 кг кукурузного силоса должны быть эквивалентны по питательности 1 кг зерна).

В последние годы созданы принципиально новые технологии заготовки консервированных сочных и грубых кормов, обеспечивающие получение кормовых средств с питательной ценностью, незначительно отличающейся от исходного сырья, которые необходимо широко внедрять в практику. На первый план в решении задач создания кормовой базы выдвигается проблема обеспечения кормопроизводства высокопроизводительной и надёжной техникой, гарантирующей соблюдение технологических сроков уборки и сохранение качества травяных кормов. К перспективным технологиям относятся:

- заготовка силоса из провяленных трав в рулонах или крупногабаритных тюках с упаковкой в самоклеящуюся полимерную плёнку или плёночный рукав;
- заготовка сенажа и силоса из измельчённой массы с упаковкой в полимерный рукав большого диаметра;
- заготовка зерносенажа из зерновых злаковых культур;
- заготовка прессованного сена повышенной влажности с упаковкой

в самоклеющуюся плёнку;

- консервирование влажного зерна методом плющения и дробления.

Следует обеспечить полноценное дифференцированное кормление коров по стадиям физиологического цикла (сухостой, раздой, основной период лактации) путём использования кормосмесей с различным соотношением объёмистых и концентрированных кормов для коров на раздое и в основной период лактации. Необходим полный переход на кормление молочных коров кормосмесями из объёмистых кормов (сена, сенажа и силоса) с добавлением комбикорма, что позволит улучшить ферментацию кормов в преджелудках, избежать ацидозов и одновременно повысить продуктивность стада на 8-12 %.

В течение всего года необходимо контролировать содержание сухого вещества в рационах. Для коров в норме потребление сухого вещества составляет 2,8-3,2 кг на 100 кг живой массы животного, высокопродуктивные животные – 3,5-3,8 кг. В качестве оценки энергетической питательности рационов целесообразно использовать только обменную энергию, кормовые единицы следует употреблять при экономических расчётах.

Экономически целесообразно переходить от использования комбикормов стандартной рецептуры к выработке адресных комбикормов-концентратов с включением зерна кукурузы, сухого жома, рапсового, подсолнечникового, а для высокопродуктивных коров и соевого шрота, защищённых жиров, кормовой патоки, дрожжей и высокоэффективных премиксов. Необходимо специализировать 1-2 комбикормовых предприятия для производства широкого спектра кормовых добавок, что позволит комплексно решать вопросы вовлечения местных и вторичных источников минеральных ресурсов в комбикормовое производство. В республике имеются возможности обеспечить потребность животноводства, в том числе комбикормовой промышленности, в макроэлементах: кальция, натрия, магния, сере, частично в фосфоре и других биологически активных веществах, в основном за счёт переработки отходов промышленности, в первую очередь химической. В качестве источника макро- и микроэлементов, антиоксидантов, витаминов, аминокислот и других биологически активных веществ должен широко использоваться сапропель (для кормовых целей запасы его составляют более 300 млн. тонн).

Для обеспечения своевременной оценки и эффективного использования данных питательности кормов при составлении рационов необходимо восстановить сеть районных и областных лабораторий, которые должны давать оценку класса качества корма не только по сухому веществу, как это происходит сейчас, а по полному зоотехническому анализу с учётом всех показателей.

Важным вопросом является построение структуры отрасли кормопроизводства, начиная с должности ответственного заместителя руководителя в хозяйстве, районе, области, республике.

2.1.3. Технология производства

Третья составляющая схемы экономической эффективности производства молока (см. рис. 7) – *технология* – в решающей степени определяет степень реализации потенциала продуктивности и результативность уровня кормления. Анализ в историческом ракурсе предпосылок эволюции технологических приемов и методов показывает, что по мере роста потенциальной продуктивности коров от 600-800 кг молока, необходимого для выращивания теленка, до современного уровня в 10000-15000 кг за лактацию, изменялась интенсивность обменных процессов, ослабевала устойчивость организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, а, следовательно, существенно повышались требования к условиям содержания и кормления.

Н.Ф. Дзюба отмечает, что повышение продуктивности животных осуществлялось, прежде всего, путём создания оптимальных условий кормления и содержания, а также путём отбора животных по продуктивности с учётом молочности, убойных и рабочих качеств, а также использования показателей оплаты корма, плодовитости и жизнестойкости [23]. Анализируя этапы развития современного представления о технологии и селекции в животноводстве, автор относит возникновение понятия технологии как науки и практики применения естественных законов (физики, химии, биологии и др.) для организации производства материальных благ на конец XVIII века, когда в связи с промышленной революцией и развитием товарного производства возникла необходимость упорядочения производственного процесса с целью механизации его операций. Применительно к животноводству, формированию структурных элементов категории «технология» предшествовал длительный период примитивного, в основном натурального развития производства. Сейчас технологию в животноводстве можно определить как совокупность научно обоснованных и практических последовательных приёмов преобразования при помощи сельскохозяйственных животных кормовых средств в сырьё для прочих отраслей промышленности (например, пищевой и легкой) и в готовые пищевые продукты, которые подходят для определённых условий природного и экономического характера, принятым системам животноводческой отрасли. Целью применения технологии на конкретных животноводческих предприятиях должно быть получение наиболее дешёвой, но высококачественной продукции в максимально возможном количестве с учётом

сложившихся производственных условий и возможности эффективного использования имеющихся ресурсов.

В сложном комплексе составляющих элементов технологии производства животноводческой продукции можно выделить такие важнейшие компоненты как технологический процесс, обобщающий совокупность физических, механических, химических, биологических воздействий на объект (животное) с помощью машин и механизмов, обеспечивающих изменение состояния объекта, получение промежуточного продукта или полуфабриката и технологические операции (часть технологического процесса) – последовательные воздействия на объект, частично изменяющие то состояние, положение. Например, чистка животных, обмывание вымени коров, подключение доильного аппарата, перемещение животных. Все технологические процессы и операции должны способствовать раскрытию генетического потенциала животного.

На современных комплексах технологический процесс производства молока можно рассматривать как единую систему согласованных производственных процессов и операций, реализация которых направлена на получение прибыльной, конкурентоспособной продукции. При этом увеличение производства молока и уменьшение затрат достигается за счёт разработки экологически безопасных ресурсосберегающих технологий содержания и доения коров, разработки и применения нового поколения средств механизации, создания размерного ряда индустриальных ферм и комплексов [68]. Следовательно, в число задач при разработке технологии должно входить обоснование выбора организационных схем производства животноводческой продукции и способов проведения необходимых технологических процессов, которые наиболее выгодны с экономической точки зрения. Кроме того, также выбираются необходимое оборудование, машины, определяется планировка построек и методы расстановки животных в этих помещениях, которые в комплексе позволяют создать наилучшие условия для реализации обоснованных с научной точки зрения производственных процессов с высокой долей автоматизации. Для решения этих задач технология определяет обоснованную с технической и экономической точек зрения последовательность разнообразных организационных мероприятий, производственных операций и процессов, а также их частей и элементов, включающих:

- систему по племенной и селекционной работе с целью получения животных, которые максимально отвечают современным задачам животноводства;
- систему воспроизводства, которая позволяет добиться высокого уровня продуктивности;
- систему производства и приготовления кормов и полноценное

интенсивное кормление животных;

- систему и способ содержания сельскохозяйственных животных с учетом направления животноводства и времени года;

- профилактические ветеринарно-санитарные мероприятия;

- систему машин и оборудования, рациональные методы их использования;

- систему первичной обработки животноводческой продукции для ее подготовки к хранению и дальнейшей транспортировке.

Оценивая совокупное влияние отдельных производственных факторов на эффективность технологических решений, А.И. Фененко определил пять важнейших составляющих процесса: корова, корма, комплекс машин, кадры и комфорт содержания, что в совокупности составляет сложную биотехническую систему «человек-машина-животное-комфорт» [91]. Соотношение составляющих звеньев системы А.И. Фененко предлагает представить в виде следующей зависимости:

$$(4 \div 9)ki1 + (58 \div 69)ki2 + (15 \div 18)ki3 + (9 \div 11)ki4 + (3 \div 4) ki5 = \sum_1^5 ki = 100\%,$$

где ki 1-5 – наиболее характерные составляющие биотехнической системы «человек - машина - животное - комфорт» технологического процесса производства молока; $ki1$ – животное; $ki2$ – корма; $ki3$ – комфорт содержания; $ki4$ – комплекс машин; $ki5$ – кадры.

Весомость составляющих зависимости определяется стоимостью показателей, уровень которых в значительной степени обусловлен способом содержания животных, формирующим, в свою очередь, комфорт условий содержания, уровень механизации, программу производства, степень реализации генетического потенциала продуктивности животных, экономическую эффективность использования материальных и трудовых ресурсов.

В животноводстве, в отличие от промышленности, основным средством производства, перерабатывающим сырьё (корм) в конечную продукцию, являются живые существа. В связи с этим, технология производства молока включает в себя две неотъемлемые составные части: технологию содержания и технологию обслуживания животных.

Эффективность технологии производства молока в значительной мере определяется системой и способом содержания коров. Эти параметры тесно увязаны с состоянием кормовой базы, породными и продуктивными качествами животных, приспособленностью их к промышленной технологии. На практике используют три системы содержания молочного стада: стойлово-пастбищное (в том числе лагерно-пастбищное), стойловое (без выгулов, с выгульными и кормовыгульными площадками) и стойлово-лагерное.

Стойлово-пастбищная система может быть эффективна для ферм с

поголовьем 200-400 коров. Вблизи таких ферм возможно создание высокопродуктивных пастбищ и организация загонного принципа их использования. Правильная организация летнего содержания коров позволяет снизить на 30-40 % себестоимость молока и до 30 % сократить энергозатраты. При расположении пастбища далее 2-2,5 км от ферм экономическая целесообразность их использования весьма сомнительна, так как перегоны коров ведут к снижению продуктивности до 10 %. Для обслуживания дойных стад, содержащихся в летний период на культурных пастбищах, удалённых от животноводческих ферм и комплексов более чем на 2 км, следует иметь специальное помещение и вспомогательное оборудование для машинного доения, охлаждения молока, подкормки животных концентратами, автопоения, выполнения работ по искусственному осеменению и ветеринарной обработки животных [73].

Стойлово-пастбищный и лагерно-пастбищный способы летнего содержания коров предполагают доение, подкормку, отдых в ночные часы, ветеринарное обслуживание и другие зоотехнические мероприятия проводить в помещениях фермы или летнем лагере, однако всё остальное время скот должен находиться на пастбище и поедать зелёный корм самостоятельно.

Лагерно-пастбищное содержание предусматривает устройство доильных площадок с преддоильными и последоильными загонами. В этом случае коровы круглосуточно находятся на пастбище, кроме времени дойки, что позволяет значительно снизить себестоимость и повысить качество продукции, снизить затраты на производство кормов и уход за животными по сравнению с лагерно-стойловым содержанием. Сооружение летнего лагеря для животных хотя и требует определённых затрат, имеет и положительные стороны, позволяя решить проблему удалённости пастбищ от фермы, даёт возможность беспрепятственно проводить санитарно-гигиенические и ремонтные работы.

Существует всего два основных способа содержания коров дойного стада – привязный и беспривязный, которые и получили широкое распространение. Есть ещё промежуточный вариант – содержание коров с использованием автоматической привязи в комбибоксах при организации доения в доильном зале. Этот способ является компромиссным и, как всякий компромисс, не лишён существенных недостатков, вследствие которых не нашёл широкого применения при строительстве новых ферм, а большая часть построенных затем была переоборудована под привязный способ содержания с доением в стойлах.

Применение рационального способа содержания крупного рогатого скота и использование соответствующей технологии являются основным условием получения высокой продуктивности, производительности труда и качества продукции. Со способом содержания тесно связан

метод обслуживания животных. Применяемые индивидуальный, групповой и компромиссный (индивидуально-групповой) принципы обслуживания определяют, где производится обслуживание животных: в местах содержания или на специальных постах обслуживания, которые могут размещаться в отдельных помещениях. Существует также комбинированный способ обслуживания, при котором часть операции выполняется в местах содержания, а остальные – на постах обслуживания.

Методы обслуживания можно условно разделить на официантский и метод самообслуживания. Официантский метод предусматривает выполнение той или иной операции (например, кормление или доение) непосредственно обслуживающим персоналом вручную или с помощью механизмов. Самообслуживание осуществляется самими животными.

Выбор каждого из перечисленных элементов и их сочетаний определяется в каждом конкретном случае исходя из размеров, специализации и объёмно-планировочных решений фермы, уровня продуктивности, возраста животных, фазы физиологического состояния коров, обеспеченности пастбищами, кормами и подстилкой, квалификации кадров и ряда других условий. В свою очередь, выбор способов и средств механизации производственных процессов должен осуществляться с учётом требований технологий содержания и обслуживания скота. Так, например, если обслуживание коров производится по индивидуальному принципу, то кормораздатчик должен быть оборудован программным дозатором, обеспечивающим выдачу каждой корове такую порцию корма, которая соответствует её продуктивности, фазе физиологического состояния и другим индивидуальным особенностям. Принцип обслуживания влияет и на выбор типа доильной установки. На выбор способа и средств механизации уборки и последующей обработки навоза кроме способа содержания животных влияет также принятый на ферме метод их содержания. Так, при бесподстилочном методе содержания возможно использование различных гидравлических систем навозоудаления, что нельзя сделать при подстилочном методе содержания. Существенное влияние оказывает также вид и количество применяемой подстилки.

Из вышеизложенного следует, что существует множество различных технологий содержания и обслуживания крупного рогатого скота, количество которых определяется числом возможных сочетаний из n -элементов по k , то есть числом комбинаций по k -элементов из данных n , отличающихся один от другого хотя бы одним элементом:

$$C_k = \frac{n}{k} \times (n-k)$$

Расчёты по этой формуле показывают, что только технологий

содержания животных может быть 286. С учётом возможных сочетаний этих технологий с различными элементами технологии обслуживания животных, различными способами и средствами механизации производственных процессов, объёмно-планировочными решениями, системами кормления и т. п. имеется великое множество технологий производства молока, а значит и широкое поле для исследований и поиска новых, более совершенных технологий для каждого конкретного хозяйства.

Привязное содержание коров. При привязном способе содержания коров и доением в стойлах нагрузка на доярку составляет 50 коров. В коровнике на 200 голов все производственные процессы по кормлению, доению и уходу за животными могут обеспечить как минимум 5 операторов машинного доения (4 основных и 1 подменный) и 3 скотника. Приплюсовав персонал, обеспечивающий доставку кормов, осеменение животных, учёт на ферме, получаем нагрузку на каждого работающего на ферме не более 12-14 голов. Кроме того, сдвиг по фазам биологического цикла коров, закреплённых за одним оператором, на ферме в 200 коров превышает три месяца. Это означает, что в группе могут находиться коровы, как только что отелившиеся, так и прошедшие фазы раздоя и осеменения. На ферме, рассчитанной на 400 коров, число технологических групп вдвое больше, следовательно, вдвое меньше сдвиг по фазам биологического цикла коров одной группы, но он тоже значителен – 45 дней. Очевидно, что при таком большом разрыве в фазах биологического цикла животных групповой принцип их обслуживания неприемлем [98].

В коровниках с привязным способом содержания коров предусмотрено их обслуживание в местах содержания. В этом кроется одна из причин высокой трудоёмкости производства молока на таких фермах. Даже при высоком уровне механизации производственных процессов затраты труда на получение 1 ц молока составляют не менее 6-7, а в большинстве хозяйств республики – 9-14 чел./ч.

Концентрированные корма на многих фермах с привязным способом содержания выдают вручную. При этом величина дозы, выдаваемой каждой корове, определяется на глаз и лишь приблизительно соответствует продуктивности и другим индивидуальным особенностям животного. Доение коров осуществляется установками типа «Молокопровод» либо в переносные вёдра. Это даёт возможность соблюдать индивидуальный принцип обслуживания животных, но в большинстве случаев не обеспечивает измерения и регистрации надоя молока от каждой коровы. Этот технический недостаток доильной установки компенсируется организационным приёмом – проведением периодических контрольных доек. Однако для этого требуется больше затрат труда и нет

полного представления о динамике изменения продуктивности коров.

Режим эксплуатации доильных установок характеризуется продолжительностью разового доения и количеством одновременно работающих аппаратов на рабочем участке. Продолжительность 1 цикла доения не превышает 2-3 часов. На рабочем участке молокопровода чаще всего работает один оператор машинного доения с двумя аппаратами и реже – с тремя или четырьмя. Операторы машинного доения делают много переходов от коровы к корове, им приходится многократно наклоняться и приседать, что затрудняет контроль за процессом доения. Общее время использования доильной установки типа «Молокопровод» (включая время на подготовку установки к доению, последоильную уборку и промывку) достигает 6,5-8,5 часов в сутки. Практически исключается автоматизация преддоильной обработки вымени, машинного додаивания, снятия доильных аппаратов, поскольку перемещение манипуляторов вдоль стойл затруднено и экономически не оправдано.

Ведущими компаниями, занимающимися производством доильного оборудования, разработаны системы доения коров, находящихся на привязном содержании, позволяющие автоматически адаптировать работу доильного аппарата к особенностям молокоотдачи каждого животного, для обеспечения более щадящего доения и снижения до минимума негативного влияния невыполнения или некачественного выполнения ручных операций (массажа вымени, машинного додаивания, своевременного и правильного снятия доильных стаканов). Однако, решая в значительной степени проблему качества доения, переносные автоматизированные системы не обеспечивают значимого увеличения количества коров, обслуживаемого оператором машинного доения. Применение таких систем целесообразно на фермах с привязным содержанием небольшого размера (до 400 голов) и при условии наличия поголовья с высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности (не менее 8 тыс. кг молока за лактацию).

Не отвечает технологическим и экологическим требованиям при привязном содержании и технология удаления навоза из животноводческих помещений с помощью наклонных скребковых транспортеров и тракторных прицепов. Как правило, для механизации этого процесса используются скребковые транспортёры конвейерного типа ТСН-ЗБ и ТСН-160, перемещающие навоз внутри помещения на расстояние, равное периметру здания, как правило, 140 м, оснащённые двумя электроприводами мощностью 5,5 кВт и не обеспечивающие его доставку к месту складирования. По принципу действия, энерго- и металлоёмкости «аналогов» данному оборудованию в мире нет. При такой технологии чистота в помещении зависит от наличия прицепа под наклонным транспортёром. При отсутствии прицепа включать навозоуборочный

транспортер и очищать стойла нельзя. При привязном способе содержания животных стойло нужно очищать непрерывно. В силу этого привязная система содержания не может быть перспективной, прежде всего, по социально-экономическим причинам, и постепенно должна уступить место более прогрессивной, высокопроизводительной беспривязной системе содержания коров. Это закономерный и необратимый процесс индустриализации молочного скотоводства.

Сохранение существующей системы является временной мерой выживания, низкозатратной, но бесперспективной. Сохраняя низкую концентрацию поголовья на ферме, высокую долю ручного труда и устаревшую систему управления стадом производство обречается на проигрыш промышленным методам производства, внедряемым на новых фермах.

Беспривязное содержание. Принципиальное различие между привязным и беспривязным способами содержания состоит в том, что при первом каждое животное зафиксировано у индивидуальной кормушки, а при втором животные могут свободно перемещаться и занимать любое место для отдыха внутри выделенной для них секции или у кормушки, а также свободно выходить из стойлового помещения, если секция имеет выход на выгульную или кормовыгульную площадку.

Беспривязное содержание по сравнению с привязным позволяет значительно сократить затраты труда поскольку отпадает ряд трудоёмких операций, связанных с раздачей кормов, переносом доильных аппаратов, привязыванием и отвязыванием коров, ручной очисткой стойл и внесением подстилки, а также ряд других трудно поддающихся механизации операций. К существенным преимуществам беспривязного содержания можно также отнести свободный доступ коров к кормам, воде, добным местам отдыха в любое время суток; возможность организации содержания и кормления коров в зависимости от физиологического состояния; предпосылки для применения высокопроизводительного оборудования для комплексной механизации практически всех производственных процессов при относительно низкой энергооснащённости, а также углублённой специализации труда и эффективного использования рабочего времени работников.

Анализ эффективности беспривязно-боксового содержания животных показал, что капитальные вложения на одно скотоместо при этом сокращаются на 25 %, потребность в технических средствах – на 45 %, потребление электроэнергии – на 45-50, общие годовые затраты на корову – с 43-68 до 31-42 ч [82]. Однако, несмотря на существенное преимущество беспривязного содержания, на начальном этапе масштабного внедрения новых технологических решения претерпело ряд затруднений.

Первая модернизация проводилась на территории большинства республик бывшего Советского Союза в 60-е годы 20-го столетия. В СССР возводились сотни молочных комплексов, молочные фермы заполнялись лактирующими коровами или молодняком в ожидании серьёзного увеличения продуктивности и эффективности производства. Повсеместно вводились доильные залы производства предприятия Кургансельмаш, выпускавшего с 1963 году 900 доильных залов в год. «Ахиллесовой пятой» проводимой модернизации явилось полное отсутствие подготовки персонала хозяйств, внедрявших беспривязное содержание, и нежелание доярки ухаживать и доить «обезличенную Зорьку». Успеху начинания, поставившего СССР на один уровень с США в 60-е годы (4-5 % коров, переведённых на беспривязь), не способствовало и отсутствие на тот момент компьютерных программ управления стадом, позволяющих идентифицировать животных [82]. Выяснилось, что не все животные могут приспособиться к беспривязному содержанию. При переходе на новую технологию увеличилось количество яловых коров, возросла численность травм и заболеваний копыт и конечностей, а, следовательно, потребовались сравнительно большие затраты на медикаментозное лечение животных. При несбалансированных рационах резко увеличился расход кормов. Не всегда учитывалось, что такие специфические особенности беспривязного содержания, как групповой подход к животным, поточность технологии, предъявляют высокие требования к помещениям и квалификации всего персонала, предусматривают высокий уровень управления производством. Игнорирование их может оказаться большой проблемой при эксплуатации новых комплексов.

Вторая попытка модернизировать молочное животноводство была предпринята в 70-80-х годах. Основой её осуществления явились разработка двумя ведущими проектными институтами – Всесоюзным ГипроНИИсельхоз и Российским РосНИИШагропром – серии типовых проектов молочных комплексов 801-803. Строительство комплексов велось невиданными ранее масштабами: в год возводились тысячи комплексов и десятки тысяч зданий. Поставленной целью преобразований являлось изменение баланса между привязной (трудозатратой) и беспривязной системами содержания в пользу последней. Экономическая выгода ожидалась от внедрения промышленного производства молока и механизации процессов, повышения производительности труда. Натолкнувшись на две старые проблемы (неподготовленность кадров и отсутствие систем управления стадом, кроме того, усугублённых нехваткой кормов, непрременной составляющей успешного молочного производства беспривязной системы), модернизация завершилась волевым принятием решения большинством руководителей хозяйств понести дополнительные затраты и вернуть линейные дойки и привязь в новые корпуса.

Ретроспективный анализ развития технологий и эффективности производства в молочном скотоводстве показывает, что одним из важнейших направлений в создании и внедрении ресурсосберегающих технологий и технических средств получения молока является переход от принятой концепции недифференцированного обслуживания коров с некими усреднёнными характеристиками к более дифференцированному обслуживанию животных, максимально учитывающему индивидуальные особенности каждой лактирующей особи. Реализация концепции индивидуального подхода к животному возможна на базе применения высоких наукоёмких технологий, основанных на преобразовании информации, как о самих животных, так и о функционировании технических средств их обслуживания.

Биологический цикл коровы от отёла до отёла при нормальном кормлении и своевременном осеменении продолжается около года. Этот цикл состоит из периодов лактации (305 дней) и сухостойного (60 дней). Эти же 365 дней делятся на межплодный (сервис-период в 80-85 дней) и период стельности (около 40 недель). В лактационном периоде, в свою очередь, выделяют подпериоды новотельности, в том числе молозивный, раздой (90-100 дней), середины (около 100 дней) и завершения лактации. В сухостойном периоде выделяют подпериод глубокоствельности (около 10 дней до отёла). Таким образом, межотельный цикл коровы состоит из семи фаз. С учётом межотельного цикла самой коровы на молочной ферме одновременно содержатся животные, находящиеся в 14-15 различных фазах. Каждая из этих фаз предъявляет свои, особые требования к технологиям содержания, обслуживания, кормления, поения, удаления навоза и т. п.

Распределение стада на группы. Весь производственный цикл можно разделить на несколько этапов. Корова должна один раз в год дать телёнка и общий цикл равен 365 дням. Из этого следует: сухостой, первый период – 40 дней (60-20 дней до отёла); сухостой, второй период – 20 дней (20 дней до отёла); молозивный период, родильное отделение – 10 дней (0-10 дней лактации); раздой – 20 дней (10-30 дней лактации); репродуктивный период – 70 дней (30-100 дней лактации); продуктивный период 1 – 100 дней (100-200 дней лактации); продуктивный период 2 – 105 дней (200-305 дней лактации).

На основе распределения производственного цикла можно рассчитать необходимое количество групп, т. е. секций в коровнике, а также их численность.

Пример (МТФ на 1000 голов дойного стада):

сухостой первого периода $40 \times 1000 / 365 = 109,6 = 110$ голов;

сухостой второго периода $20 \times 1000 / 365 = 54,8 = 55$ голов;

родильное отделение и молозивный период $10 \times 1000 / 365 = 27,4 = 27$

голов;

раздой $20 \times 1000 / 365 = 54,8 = 55$ голов;

репродуктивный период $70 \times 1000 / 365 = 191,8 = 192$ головы;

продуктивный период 1 $100 \times 1000 / 365 = 274 = 274$ головы;

продуктивный период 2 $105 \times 1000 / 365 = 287,7 = 288$ голов.

Общий цикл равен межотельному периоду на ферме. На основании последних исследований установлена взаимосвязь продолжительности сервис-периода с молочной продуктивностью животных (табл. 2).

Таблица 2 – Осеменение молочных коров разного уровня продуктивности

Показатели	Продуктивность		
	20-30	35-38	40 и более
Суточный удой, кг	20-30	35-38	40 и более
Годовой удой, кг	5000-7000	7100-8500	8600 и более
Сроки осеменения	первая охота после 50 дней	вторая охота после 50 дней	третья охота после 50 дней (с 80 дня)
Сервис-период, дни	60-85	95-106	115
Межотельный период, дни	365	380	до 400

При молочной продуктивности свыше 8600 кг молока продолжительность сервис-периода составит 115 дней и соответственно межотельный период будет равняться 395-400 дням, из которых 60 дней кова находится в сухостое, 15 дней – в родильном отделении и 320 дней (115 дней сервис-периода + 280 дней продолжительности стельности – 60 дней сухостойного периода – 15 дней нахождения коровы в родильном отделении) – в цехе производства молока. Из этого следует: сухостой, первый период – 40 дней (60-20 дней до отёла); сухостой, второй период – 20 дней (20 дней до отёла); родильное отделение – 15 дней (0-15 дней лактации); продуктивный период – 320 дней (15-335 дней лактации). Итого: **395-400** дней.

Для эффективного управления стадом животных необходимо распределять на группы. Распределение необходимо осуществлять по физиологическому состоянию (стадиям лактации). Не допускается распределение по продуктивности, количеству соматических клеток и др., так как это ведёт к постоянной перегруппировке коров и к стрессам животных.

На основе распределения по производственному циклу возможно рассчитать необходимое количество физиологических групп животных в коровниках, а также их численность: сухостой первого периода – $40 \times 1200 / 400 = 120$ голов; сухостой второго периода – $20 \times 1200 / 400 = 60$ голов; родильное помещение – $15 \times 1200 / 400 = 45$ голов; продуктивный период – $320 \times 1200 / 400 = 960$ голов.

Поголовье основного стада в продуктивный период 960 коров (по 120 голов в каждой из 8 секций) взято исходя из количества доильных мест (40 мест) эксплуатируемой доильной установки на молочно-товарной ферме (Параллель 2×20). При таком варианте каждая секция будет выдаиваться за 3 прохода коров (120/40).

Продуктивный период коров можно условно разделить на 4 периода или физиологические группы коров с продолжительностью содержания животных 80 дней в каждой группе (320/4): группа 15-95 дней лактации – 2 секции; группа 96-175 дней лактации – 2 секции; группа 176-255 дней лактации – 2 секции; группа 256-335 дней лактации – 2 секции.

Приведённый пример верен при условии, если сервис период составляет 115 дней. Чем больше сервис период, тем больше коров будет в последней продуктивной группе (группе перед запуском).

С учётом накопленного опыта и научных исследований на молочных фермах и комплексах республики рекомендовано применять несколько вариантов беспривязного содержания коров. Эти варианты отличаются по месту отдыха коров – в специальных боксах, на глубокой или периодически сменяемой подстилке; способу их кормления – в помещениях или на выгульно-кормовых площадках; системе уборки навоза из помещений – ежедневно или периодически и размещению средств автопоения – в помещениях или на выгульных площадках.

В зависимости от особенностей хозяйства различают следующие варианты беспривязного содержания крупного рогатого скота молочного направления продуктивности.

1. *Беспривязное содержание коров на глубокой подстилке.* Коров доят при таком способе содержания в специальном доильном зале на установках типа «тандем», «ёлочка», «параллель», «карусель», кормят животных в помещении с кормового стола и на кормо-выгульных площадках с твёрдым покрытием. Отдыхают животные в секциях на глубокой навозно-соломенной подстилке. Секции комплектуют коровами с учетом периода лактации и стельности. Коровы имеют свободный выход на кормо-выгульную площадку. Навоз из секций убирается бульдозером 1-2 раза в квартал, с кормо-выгульных площадок – через каждые 2-3 дня.

2. *Беспривязно-боксовое содержание коров с подпольным хранением навоза.* Коров доят на установках типа «тандем», «ёлочка», «параллель», «карусель». Содержат их группами в секциях, которые оборудуются боксами. Под полом размещено навозохранилище, в которое во время передвижения животных навоз проталкивается через щели решётки. В подпольных траншеях навоз накапливается в течение года, а вынимают его из навозохранилища специальной погрузочной машиной с электроприводом.

3. *Беспривязно-боксовое содержание коров с удалением навоза самосплавом.* Доение коров выполняется в доильном зале на установке типа «тандем», «ёлочка», «параллель», «карусель». При таком способе содержания навоз, проваливаясь через щели пола, попадает сначала в продольные каналы лотково-шиберной системы, а затем в центральный отводящий коллектор, откуда самотёком поступает в навозосборник. Из навозосборника с помощью насосов он по подземным трубам перекачивается в навозохранилище. Из каналов навоз удаляется 1 раз в неделю.

4. *Беспривязно-боксовое содержание коров с удалением навоза скреперными установками.*

5. *Беспривязно-боксовое содержание с уборкой навоза дельта-скрепером.*

6. *Беспривязное содержание коров в комбибоксах.* При таком способе содержания места для отдыха и кормления коров совмещены, что позволяет более экономно использовать производственную площадь коровника. На фермах оборудованных комбибоксами с помощью мобильных средств осуществляют раздачу кормов, удаление навоза и внесение подстилки.

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» определены основные направления технологических решений молочных ферм.

1. Для сельскохозяйственных предприятий с обеспеченностью кормами не менее 50 ц к. ед. в расчёте на 1 условную голову целесообразно строить новые и реконструировать существующие молочно-товарные фермы под беспривязное содержание в боксах или на периодически сменяемой соломенной подстилке, с мобильной раздачей кормов и удалением навоза, с доением в доильном зале на установках с использованием АСУ ТП.

2. В сельскохозяйственных предприятиях применение привязного содержания целесообразно: при обеспеченности кормами менее 50 ц кормовых единиц в расчёте на 1 условную голову; при содержании селекционно-племенного стада; при содержании животных в коровниках менее, чем на 200 скотомест, которые не целесообразно реконструировать под беспривязное содержание.

При выборе либо адаптации технологий для каждого комплекса должны учитываться возможные пути ресурсосбережения по отраслям животноводства (рис. 9). Энергозатраты при производстве молока на построенных комплексах по сравнению с обычными фермами повысились в 4 раза. Энергоёмкость современных технологий молочного производства в расчёте на одну корову в год колеблется от 96,8 до 132,1 ГДж. Наиболее энергоёмка уборка подстилки из помещений. Наименьший расход тепловой энергии наблюдается на фермах при удалении

навоза дельта скреперами УС-15 и УС-10 или бульдозером БН-1: 14,5-22,6 ГДж на голову в год. Наибольший расход на фермах, где содержание скота привязное: 40,8-44,4 ГДж на голову в год, или 30,0-33,1 % от общей суммы энергозатрат.

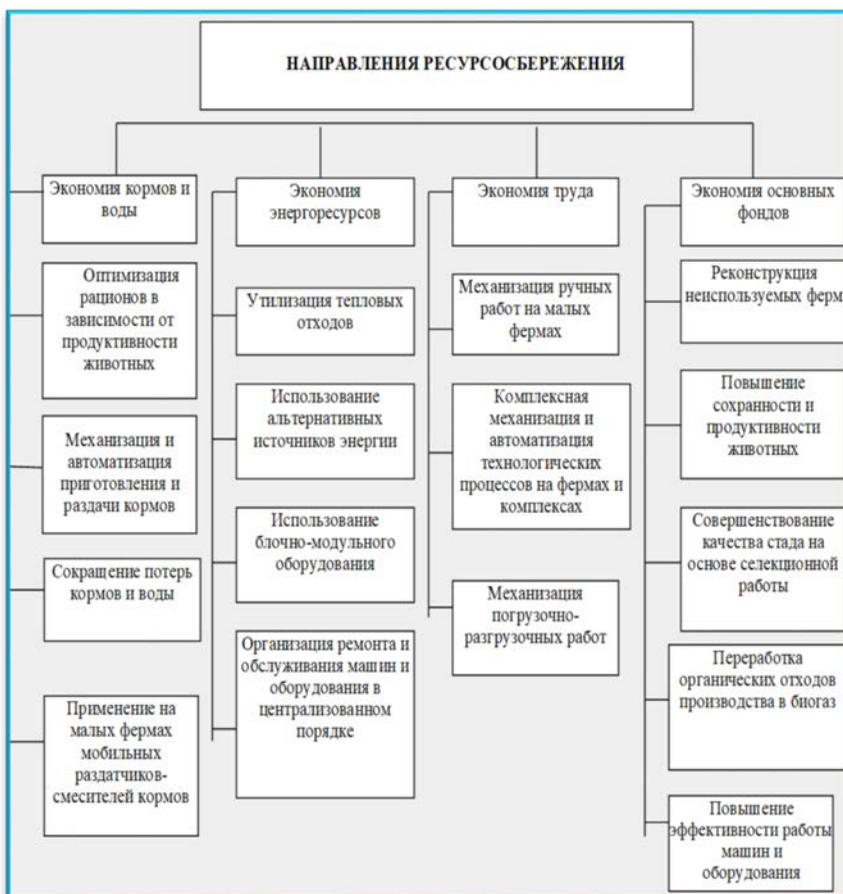


Рисунок 9 – Направления ресурсосбережения в молочном скотоводстве

Беспривязное содержание животных на глубокой и периодически сменяемой подстилке позволяет снизить удельную энергоёмкость по сравнению с привязным содержанием на 23,2-25,9 ГДж на голову в год или на 13,8-15,8 %. Годовой расход электроэнергии на работу моечного оборудования на молочных фермах колеблется от 23,8 кВт·ч на фермах с беспривязным содержанием и доением в доильном зале до 44-66 кВт·ч

ч на корову в год при привязном содержании. На охлаждение молока расходуется от 75 до 109 кВт·ч, на горячее водоснабжение – от 78 до 110 кВт·ч.

Общее потребление энергии на фермах с привязным содержанием колеблется от 247 до 584 кВт·ч, а с беспривязным – от 237 до 551 кВт·ч на корову в год. Поэтому привязное содержание коров, имеющее в настоящее время подавляющий удельный вес, нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Основными потребителями прямой энергии на молокопроизводящих предприятиях являются системы, обеспечивающие микроклимат и оптимальную среду обитания животных, и особенно технологические процессы, связанные с содержанием, кормлением коров и получением молока (доением и первичной его обработкой). Так, на ферме с поголовьем 800-1200 коров технологическое оборудование установленных мощностей забирает 21,3 % энергии, централизованное и горячее водоснабжение – 28 %, электрокалориферы в системах вентиляции – 46,4 % от всей использованной для указанных целей энергии. Как видно, большая часть энергобаланса приходится на обеспечение тепловых процессов [53]. Годовой удельный расход электроэнергии на корову по технологическим процессам составляет: на механизацию кормления от 16 до 40 кВт·ч, поддержание микроклимата – от 107 до 142 кВт·ч, освещение от 17 до 41 кВт·ч (в зависимости от системы освещения и типа применяемых ламп). Для комплексов по производству молока минимальный расход полезной энергии в соответствии с нормами (без учёта транспортных операций) составляет около 3 мВт·ч на корову в год.

В таблице 3 отражена энергоёмкость ручных операций при различных способах содержания коров. При оценке трудоёмкости процессов по затратам физической энергии наибольшую нагрузку персонал получает при привязном содержании на раздаче кормов – 19,24 кДж/мин и при доении – 9,29 кДж/мин. Показатель по доению выше, чем при привязном содержании на 11 %. Анализ эффективности внедрения энергосберегающей технологии, предусматривающей содержание дойного стада беспривязно, мобильную раздачу кормов, установку кормовых станций, групповых поилок, а также доение на автоматизированной доильной установке показал, что применение такой технологии позволяет снизить затраты труда на 1 ц молока до 1,2 чел./ч, расход кормов – до 90-93 к. ед., совокупные энергозатраты – до 55,4-65 кг условного топлива. Общая численность работающих сокращается до 30 %. Такая технология впервые в Республике Беларусь была внедрена в колхозе «Рассвет» им. К.П. Орловского Кировского, племхозе им. Чкалова Горецкого районов Могилёвской области, СХКП «Октябрь» Гродненского района, совхоз-техникуме «Смиловичский» Червенского, колхозе

«Шипяны» и РУСП «Заречье» Смолевичского районов Минской области, колхозе «Октябрь» Каменецкого района Брестской области и ряде других хозяйств [88].

Таблица 3 – Затраты энергии при различных способах содержания

Наименование и способ выполнения операций	Удельные затраты энергии, кДж/мин			Затраты энергии в сутки на 1 гол, кДж		
	привязное	беспривязно-боксовое	на глубокой подстилке	привязное	беспривязно-боксовое	на глубокой подстилке
Доение 2-х кратное	9,29	8,37	8,37	44,59	8,37	8,37
Раздача кормов	19,24	-	-	9,62	-	-
в т.ч. концентратов	17,66	3,52	3,52	6,35	1,74	1,74
Транспортировка и разбрасывание подстилки	11,98	5,41	2,15	6,59	3,47	1,54
Чистка:						
Стойл и навозных проходов	17,51	-	-	54,28	-	-
Кормушек	15,54	-	-	8,86	-	-
Животных	16,88	15,10	14,71	19,07	17,31	16,20
Уборка кормового перехода	15,54	12,51	12,51	4,04	2,91	2,91
Привязывание и отвязывание животных	16,88	-	-	11,3	-	-
Участие в зоовет-мероприятиях	16,88	16,88	16,88	5,91	5,91	5,91

В колхозе «Октябрь» Каменецкого района Брестской области животные содержатся в 4 секциях типового помещения на периодически сменяемой соломенной подстилке. Раздача объемистых кормов осуществляется с помощью кормораздатчика-смесителя на кормовой стол. Доят коров на доильной установке ПДУ-8.

В племсовхозе им. Чкалова Горецкого района Могилевской области помещение размером 21×84 м разделено пополам кормовым проходом. Животные содержатся в 4 секциях на периодически сменяемой соломенной подстилке. В каждой секции установлено по 2 автоматические кормовые станции. Раздача объемистых кормов осуществляется с помощью кормораздатчика-смесителя на кормовой стол. Доят коров на автоматизированной доильной установке типа «Ёлочка» (12×2).

В колхозе «Рассвет» им. К.П. Орловского Кировского района

Могилёвской области отличительной особенностью является технологическое решение устройства одного кормового стола сбоку здания. В одном помещении животные содержатся беспривязно на периодически сменяемой соломенной подстилке в зоне отдыха, а в другом применено беспривязно-боксовое содержание. Выделена прилегающая к кормовому столу зона кормления, обустроенная решётчатым полом и удалением навоза самосплавом. Животные содержатся в 4 секциях, в каждой установлено по 2 кормовые станции. Доят коров на автоматизированной доильной установке типа «Ёлочка» (2×2×8).

Наиболее высокая результативность внедрения интенсивной технологии производства молока достигнута в агрокомбинате «Снов» Невшижского района Минской области. При круглогодичном стойловом беспривязно-боксовом содержании 1500 коров с использованием выгульных площадок и доения на установках типа «Ёлочка» (2×12 и 2×2×24) достигнут уровень затрат труда на получение центнера молока в 0,7 чел./ч. В комплекс применяемой на ферме «Новый Снов» техники входит автоматизированная система выпаивания телят на 6 боксов. Принцип действия автопоилок аналогичен функционированию автокормушек для раздачи концентрированных кормов.

Заслуживает особого внимания опыт работы СХКП «Октябрь» Гродненского района. Здесь применяется беспривязно-боксовое содержание животных на соломенной подстилке. В помещениях, благодаря открытому коньку и вентиляционным жалюзи на окнах, обеспечивается благоприятный температурный режим и воздухообмен. На новой ферме применяется система кормления полнорационными кормосмесями (ПКС), широко используемая на фермах стран Европы. Для доения животных используется установка типа «Параллель». По данным фотохронометражных наблюдений, производительность одного оператора на этой установке с соблюдением всех норм машинного доения составляет 68-76 коров в час. Это способствует тому, что от каждой коровы на ферме в среднем получают по 6300 кг молока за лактацию при затратах труда на 1 центнер молока 0,54 чел./ч.

Современные технологии производства молока при высоком уровне технологической дисциплины позволяют максимально реализовать потенциал продуктивности молочных коров. Животноводческая ферма представляет собой весьма сложную биотехническую систему, в которой животные выступают не только как средство переработки корма в конечную продукцию, но и как средство воспроизводства стада. В этой системе технологии содержания и обслуживания животных, машины и помещения, т. е. технологические, технические и объёмно-планировочные решения, составляют единое целое [13, 58, 69]. Использование именно такой технологической концепции позволяет снизить

трудозатраты на 1 ц молока с 9,5 до 1,2 чел./ч, расход кормов — с 1,3 до 0,9 к. ед., совокупные энергозатраты – с 85 кг условного топлива до 55-60 кг и увеличить нагрузку на 1 оператора практически в 4 раза.

Предпочтительная сегодня технология – это круглогодичное содержание коров в помещении беспривязного содержания с организацией выгула непосредственно рядом с коровником на кормо-выгульных площадках с твёрдым покрытием. Современное промышленное скотоводство по условиям организации сходно с заводским. Как и на промышленных предприятиях для организации производства продукции в соответствии с принятой технологией применяют капитальные помещения, по размерам, зависящим от объёма производства, основные и подсобные цеха, системы водоснабжения и электроснабжения, складские помещения, подъездные пути. Процессы концентрации производства на крупных предприятиях с большим поголовьем коров, расположенным на значительном количестве территориально рассредоточенных животноводческих помещений, имеющие многоуровневые системы управления, ещё больше повышают требования к системам управления стадом. На таких фермах необходимо вести анализ показателей жизнедеятельности животных (история развития, продуктивность, воспроизводство, ветеринария, родословная, моторика желудка, время наступления половой охоты и т. д.) по каждому животному, группе, категории животных или стаду в целом, планировать проведение зоотехнических и ветеринарных мероприятий, организовывать их своевременное выполнение. Традиционно на корову заводилась карточка, в которой отмечали все особенности её существования: информация о болезнях, стельности, времени осеменения, качестве молока и т. д. При организации процесса управления стадом по традиционной технологии производства молока со сбором, фиксацией на бумажных носителях и анализом большого количества данных специалистами, удельный вес ошибок при ведении зоотехнического учёта может находиться на уровне 27 % от общего поголовья крупного рогатого скота [28].

С учётом изложенного можно утверждать, что в решающей степени успешному прохождению второй волны модернизации молочно-товарных ферм и комплексов способствовало внедрение новых принципов управления производственными процессами, перемещением технологических групп, организацией воспроизводства и кормления животных. Взамен карточек и механических технологических календарей (рис. 10), представляющих собой несколько вращающихся вокруг оси дисков с нанесёнными датами и производственными операциями, совпадение которых при ручном повороте одного диска относительно другого указывало на время выполнения соответствующего мероприятия, начала масштабно применяться автоматизированная система управления

технологическими процессами (АСУ ТП). Ряд авторов также считают, что в молочном скотоводстве в настоящее время можно выделить три ключа к успеху [28, 49, 78]. Это достоверный учёт, использование цифровых технологий, а также грамотный контроль и интерпретация полученных данных специалистом.

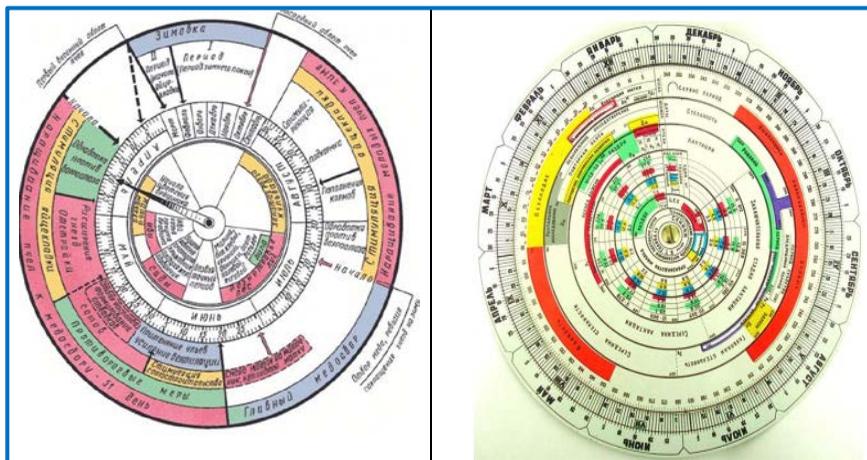


Рисунок 10 – Схема вариантов технологического календаря

Автоматизированные системы управления молочным стадом (АСУ). Автоматизированная система управления молочным стадом представляет собой компьютерную программу, аккумулирующую данные о технологических процессах и животных, необходимые для контроля и оперативного принятия управленческих решений. АСУ молочного стада может применяться как на фермах с привязным содержанием, так и при беспривязном содержании. Однако наиболее востребована эта система именно при беспривязном содержании.

Система управления стадом базируется на точной идентификации каждого животного. Электронные системы идентификации животных, лежащие в основе автоматизации многих операций и технологических процессов, выполняемых на фермах, являются ключевым элементом информационных технологий в животноводстве. Принцип автоматической идентификации основан на взаимодействии специального маркировочного устройства, содержащего код животного и размещенного на его теле, и приёмного блока с антенной, установленного на соответствующем оборудовании.

Для электронной идентификации животных предназначены носители идентификационного номера коровы – транспондеры. Транспондер бывает нескольких вариантов: ушной чип-бирка, которая крепится

к уху; шейный чип-ошейник с датчиком; желудочный чип-капсула, вживляемая в желудок; ножной чип-повязка на ноге с датчиком (рис. 11).



Рисунок 11 – Варианты носителей электронного идентификационного номера коровы

Транспондер является электронной идентификационной карточкой коровы: распознает её при входе в доильный зал, где установлены антенны, на кормостанцию или когда она проходит через сортировочные ворота. Электронная идентификация обеспечивает возможность контроля в сжатые сроки и с низкой трудоёмкостью, но, главное, практически безошибочно.

Обычно маркировочное устройство выполнено в виде бесконтактного импульсного датчика-ответчика (транспондера): пассивного (без источника питания) или активного (с источником питания). Использование датчиков того или иного типа зависит от конкретной ситуации.

Благодаря использованию новейших средств микроэлектроники и сенсорики, снижению потребления энергии и улучшению передачи сигнала появилась возможность применения в качестве датчика так называемых чипов (Radio Frequency IDen-tification – RFID), т. е. электронных микросхем, находящихся в отдельном корпусе минимальных размеров и массы, которые можно вмонтировать в ушные бирки или вживлять (имплантировать) в тело животных.

Большинство RFID-меток состоит из двух частей: первая – интегральная схема для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала и некоторых других функций, вторая – антенна для приёма и передачи сигнала.

Существуют различные системы электронной идентификации для разных радиочастот. Нормативы стандартизации гарантируют совместимость этих систем, необходимую в условиях глобального рынка, где

часто происходят перемещения животных в пределах отдельных стран и через границы государств. Все устройства используют радиоволны с частотами ниже 500 кГц и состоят из пассивного идентификатора без элемента питания (транспондера) и активного считывающего блока (трансивера). Термин «транспондер» обозначает устройство, способное запоминать и впоследствии передавать идентификационный код, присваиваемый каждому животному.

Физически система RFID-идентификации (от английского radio frequency identification – радиочастотная идентификация) состоит из трёх составляющих: собственно, самого микрочипа – электронного хранителя кода, сканирующего устройства (считывателя, мультиридера) и базы данных, куда передаётся код и где хранится дополнительная информация. Микрочип, или электронная метка, которая может располагаться как на животном, так и внутри него, выполнена в виде микросхемы с антенной в соответствующем корпусе и имеет в своем составе блок памяти для хранения кода и приёмопередатчик. Например, ушные бирки и транспондеры – это наружные носители чипов: диск, содержащий микрочип и антенну, помещается соответственно в ушную бирку или в ошейник на корове. Плюсы наружного ношения заключаются в том, что такие метки просты в эксплуатации и считываются на большом расстоянии ридером (радиосканером), минусы – в лёгкости утери наружных аксессуаров: случайный срыв самим животным или его соседями, умышленное срезание человеком с целью подмены.

Ушные бирки и транспондеры выпускаются с пассивными и активными метками: HDX и FDX. HDX (half duplex) – это метка, которая отправляет сигнал и отключается, затем получает сигнал и снова отключается. Можно одновременно говорить и слушать или только говорить, только слушать. Например, по такому принципу работает В-транспондер компании DeLaval. Метка FDX (full duplex) постоянно отправляет сигнал, а антенна его читает. Её принцип работы аналогичен принципу работы телефона: можно и говорить, и слушать одновременно.

Внутреннее размещение меток осуществляется путём введения в желудок или подкожно. В желудок, а точнее, в рубец, вводится болюс – микрочип с антенной, заключённый в керамическую капсулу. Делается это с помощью имплантационного устройства, животное заглатывает его, и болюс остаётся в рубце, при этом естественным путём, через кишечник, эта метка не выводится и остаётся с животным до конца жизни. Болюс (капсула), вводимый через рот, прочно закрепляется в сетке (втором желудке) жвачных, позволяя немедленно и безошибочно распознавать животное в течение всего процесса выращивания. Такой чип-болюс имеет цилиндрическую форму, диаметр около 20 мм и длину – 66 мм.

Второй способ «внутреннего» чипирования – это помещение метки в капсулу из биостекла и вживление подкожно. Делается это с помощью специального одноразового шприца или сменной иглы с имплантатором, поставляемых производителем вместе с микрочипом. Процедуру подкожного чипирования можно производить в любом возрасте, даже сразу после рождения животного, и чип остаётся под кожей на протяжении всей жизни. Размеры капсул невелики: 2×12 мм и даже 1,25×7 мм и зависят от видов животных. Для сельскохозяйственных животных обычно используют чипы диаметром 2 мм и длиной 12 мм.

В числе преимуществ внутреннего расположения чипов можно назвать надёжность их закрепления, неограниченный срок службы и невозможность подделки, в числе недостатков отмечается более короткая дистанция считывания: респондеры и наружные ушные бирки с электронным кодом читаются на расстоянии до 60 см, а подкожные чипы – на расстоянии 30 см.

В зависимости от вида и размера микрочипы обладают различной памятью (не менее 128 битов), где записана комбинация букв и цифр, позволяющих однозначно идентифицировать животное. Этот код, занесённый в память микрочипа, является, по сути, электронной идентификационной карточкой животного, его индивидуальным пожизненным паспортом. Информация на нём не стирается, и перепрограммировать такой код невозможно.

Считыватель (сканер) размещается, как правило, там, где животные бывают чаще всего: на входе в доильный зал, на каждом доильном месте, на сортировочных воротах или на станции индивидуального кормления, если речь идет о молочном стаде, и в расколе, рядом с весами, если дело касается мясного скота. Существуют также модели ручных сканеров.

Принцип действия считывателей заключается в том, что активизируется индукционная катушка чипа с помощью электромагнитного сигнала, которая, в свою очередь, передаёт сканеру цифровой код. Код отображается на дисплее ридера и в зависимости от типа считывающего устройства либо просто остаётся в его памяти, а затем передаётся на сервер, либо к нему добавляются необходимые дополнительные параметры, такие как вес, суточный прирост и другие, которые впоследствии также передаются на сервер.

Информация, помещаемая непосредственно на радиочастотных (RFID) метках, позволяет только правильно идентифицировать животное, основная же информация, позволяющая управлять процессами животноводства, размещается в базах данных, которые к этому коду привязаны.

Принципиальным фактором, ограничивающим точную передачу

данных на определённое расстояние, является размер датчика. Пассивный электронный датчик меньше определённого размера имеет ограниченный радиус действия вне зависимости от мощности считывающего устройства. Чем меньше датчик, тем меньше вероятность точного считывания информации от движущегося объекта. В то же время, датчик должен быть достаточно миниатюрным, чтобы он мог быть безопасным для организма и не препятствовать росту и развитию животного.

Технологическим ядром программы управления стадом является автоматизированное доильное оборудование, так как именно здесь собирается информация о продуктивности, физиологическом состоянии животных и качественных показателях молока. Компьютерная обработка данных предоставляет специалисту информацию, на основании которой он может принимать оптимальные решения, касательно как одного животного, так и целого стада.

Рассматривая процессы цифровизации управления в животноводстве, которые связаны с живыми организмами, Д.С. Буклагин отмечает, что почти все они интегрируются в системах управления стадом [11]. При этом основными требованиями к системе управления стадом являются: переход от визуального контроля к контролю через измеряемые параметры; уменьшение влияния человеческого фактора при выполнении технологических операций; переход от реактивного управления к активному; минимизация влияния индивидуальных особенностей животных на результаты производственного процесса [12].

Оценив эффективность применения АСУ молочного стада, Н.М. Овсянкина, А.А. Прозоров сделали вывод, что компьютерная программа может решать следующие задачи: учёт, планирование и контроль доения коров; учёт и контроль работы доильного оборудования, шагомеров дояров в доильном зале; учёт и контроль здоровья стада; учёт, планирование и контроль зооветеринарных мероприятий; учёт, планирование и контроль воспроизводства и воспроизводительной функции у животных (отёлы, осеменение, проверки на стельность, гинекологическая диспансеризация); учёт, планирование и контроль переводов в группы (запуска, сухостоя, отёлов, в новотельных, раздоя и осеменения, дойных); анализ структуры и физиологического состояния стада; учёт поступлений и выбытий животных [59].

Отмечая перспективы использования компьютеров в животноводстве, Н.А. Попков, В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка [68] указывают, что АСУ обеспечивает:

- быстрое получение оперативной информации о животном: состояние здоровья, воспроизводительной функции, надой валовой и за каждую дойку, качество молока;
- быстрый доступ к истории животного;

- повышение надоев за счёт доклинического диагностирования болезней;
- анализ структуры стада и физиологического состояния животных;
- сокращение затрат на ветеринарные препараты;
- своевременное обнаружение нарушений в технологии воспроизводства стада;
 - повышение эффективности осеменений;
 - сокращение сервис-периода;
 - уменьшение числа яловых животных и увеличение выхода телят;
 - повышение эффективности кормления за счёт контроля веса животных, индивидуального кормления, рационального распределения кормовых добавок и концентратов;
 - снижение затрат труда на решение задач по учёту, планированию и контролю технологических операций;
 - улучшение качества управления воспроизводством стада и повышение культуры труда.

АСУ молочного стада состоит из следующих основных элементов (рис. 12): процессор и оборудование для управления; оборудование для идентификации; оборудование для учёта и записи надоев молока; оборудование для мониторинга статуса коров; программное обеспечение; оборудование для организации движения коров по ферме.



Рисунок 12 – Принципиальная схема системы управления молочным стадом
[\(https://www.detelefoongids.nl/kuiper-bv-n/21317572/5-1/\)](https://www.detelefoongids.nl/kuiper-bv-n/21317572/5-1/)

Система комплексного управления процессом дойки и фермой включает в себя ряд специализированных электронных модулей и программное обеспечение на базе Windows (или других операционных систем). В таких системах при выходе из строя одного модуля другие продолжают работать.

Комплектация АСУ бывает разной. Можно автоматизировать только контроль за надоями, а остальную информацию собирать и вносить в компьютер вручную. По информации Г.А. Волкова, автоматизированная система включает в себя одиннадцать модулей (систем): сортировочных ворот; определения веса каждого животного, измерения температуры животных; учёта численности вошедших и вышедших на ферму животных при помощи радиометок; индивидуальной подкормки микроэлементами и витаминами; измерения индивидуального объёма надоемого молока и др. Система управления может устанавливаться как отдельно на разные рабочие процессы (доение, кормление), так и в виде полной системы, контролирующей весь комплекс мероприятий.

Исходя из изложенных требований, можно сделать вывод, что современные интенсивные технологии сельскохозяйственного производства должны отличаться высокой степенью целенаправленного управления генетической программой, физиологическими и производственными процессами в биологических объектах (человек-машина-животное-окружающая среда). В результате создаются благоприятные условия для лучшего проявления генетического потенциала, максимизируются хозяйственно-полезные параметры жизнедеятельности. Создание условий, обеспечивающих рациональное использование потенциала кормов, также является одним из главных критериев при оценке эффективности и перспективности новых технологий, средств механизации и автоматизации. Важнейшее значение приобретают такие технологии, в которых рационально совмещается групповое обслуживание животных, характерное для промышленных методов производства, с возможностью индивидуального ухода и учёта особенностей каждого животного. Происходящие в настоящее время структурные изменения в отрасли вполне соответствуют обозначенным организационно-технологическим принципам.

Современная ферма представляет собой весьма сложную биотехническую систему, в которой животные выступают не только как средство переработки корма в конечную продукцию, но и как объекты воспроизводства стада, где технологические, технические и объёмно-планировочные решения составляют единое целое [58]. Таким образом, промышленное производство молока возможно при условии унификации и стандартизации производства, которое выражается в определённых требованиях к планировке и назначению основных производственных

объектов, шлейфу технических средств и в целом системе ведения животноводства на современных молочных фермах и комплексах. Для этого необходимо обеспечивать и контролировать все параметры, способствующие комфорту коров: соблюдение заданной периодичности кормления и доения, постоянный свободный доступ к качественной воде, параметры вентиляции и освещения, своевременное навозоудаление, общую гигиену животноводческих помещений.

Для того чтобы обеспечить максимальную отдачу от внедрения передовых технологий в молочном скотоводстве, нивелировать имеющиеся недочёты и проблемы к новому строительству и реконструкции существующих объектов необходимо подходить с учётом ряда факторов:

- перед разработкой проектной документации в каждом конкретном случае необходимо иметь комплексный инвестиционно-технологический проект, определяющий весь комплекс вопросов содержания, кормления и разведения животных на данной ферме, в том числе размещение, комплектование и оборот стада, обеспечение микроклимата, удаление и утилизацию отходов, инженерное и ветеринарное обслуживание, а также менеджмент и организацию труда;

- вместимость помещений должна быть определена научно-обоснованной величиной технологических групп животных, которая позволяет обеспечить сохранение выработанного стереотипа поведения и оптимальных физиологических параметров процессов пищеварения, молокообразования и молоковыведения у коров; производительностью применяемых средств механизации трудоемких процессов (согласно технологической карты), в первую очередь доения; эргономических затрат обслуживающего персонала на основных операциях;

- подбор машин и технологического оборудования (в том числе нестандартного) должен осуществляться с учётом планируемого поголовья скота и объёмов производства для обеспечения наиболее эффективного использования трудовых и энергетических ресурсов;

- применяемая технология должна обеспечивать создание условий для строгого выполнения технологического регламента, обеспечивающего процессы кормления и доения коров, состояние их здоровья и воспроизводства;

- после строительства или реконструкции фермы необходимо на договорной основе организовать консультационное сопровождение внедряемых технологий до выхода на проектные показатели по продуктивности животных, качеству молока и рентабельности производства.

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» предложено следующее распределение различных половозрастных групп животных на молочнотоварных комплексах промышленного типа (табл. 4).

Таблица 4 – Количество скотомест по группам в зависимости от физиологического состояния и возраста животных на молочно-товарных фермах на 480-1200 фуражных коров

Показатели	Мощность комплекса			
	480	720	960	1200
Общее поголовье коров на ферме, голов	480	720	960	1200
Дойное стадо, голов	380	572	762	954
Секция дойных коров, скотомест	400	600	800	1000
Секция сухостойных коров, скотомест	78	118	158	196
В т.ч. 1 фаза сухостоя	52	78	106	130
2 фаза сухостоя	26	40	52	66
Родильное отделение, скотомест	22	30	40	50
Секция нетелей, скотомест	24	36	48	60
Индивидуальные домики, шт.	80	112	150	188
Секция для тёлочек 3-6 месяцев, скотомест	80	112	150	188
Секция для тёлочек 7-12 месяцев, скотомест	120	168	226	282
Секции для тёлочек 13-16 месяцев, скотомест	80	112	150	188
Секция для тёлочек 17-20 месяцев, скотомест	80	112	150	188
Секция для осеменённых тёлочек 21-24 месяцев, скотомест	80	112	150	188

Современная тенденция в разработке технологического оборудования для ферм нового поколения – полная автоматизация производственных процессов, создание гибкой самоадаптирующейся системы машин, параметры и режимы которых увязаны с продуктивностью животных. Значительная трудоёмкость процесса доения, неуклонно повышающиеся требования к качеству молока, высокая оплата труда работников и постоянное сокращение работающих на селе стимулируют инвестирование в изучение и производство высокотехнологичного и наукоемкого оборудования. Интеграция интеллектуальных систем управления животноводческим хозяйством объединяет процессы кормления, доения, навозоудаления и управления стадом.

В республике в настоящее время действует Концепция системы перспективных машин, которая предусматривает конкретный перечень агрегатов, необходимых для каждой отрасли агропромышленного комплекса. Она разработана учёными Национальной академии наук Беларуси, специалистами Минсельхозпрода и Минпрома. По информации РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», в основном это машины и

оборудование пятого и шестого технологического укладов, с максимальной начинкой электроникой. Они позволят оптимизировать капиталовложения на переоснащение парка, обеспечить существенный рост производительности труда, снизить энерго- и ресурсопотребление, создать благоприятные условия для производства сельхозпродукции, повысить её конкурентоспособность. Однако в сложившихся условиях одной из важнейших научно-технических проблем является разработка комплексной технической политики и системы машин и технологий для механизации и автоматизации отраслей животноводства. По нашему мнению, нормативным документом при этом должна стать Система технологий и машин для животноводства, как свод зарегистрированных в установленном порядке и поддерживаемых государством наиболее эффективных технологий, целью которой является формирование рынка технологий и технических средств для оснащения ими различных производителей животноводческой продукции, что позволит обеспечить конкурентоспособность отечественного продовольствия на мировом рынке и удовлетворить спрос на продукты питания на внутреннем рынке. Этой системе должен быть придан статус Государственного документа, отражающего необходимый уровень технологического и технического обеспечения сельскохозяйственного производства. В системе машин, которая должна базироваться на использовании прогрессивных технологий получения и переработки продукции, необходимо определить эффективные комплекты технических средств, ориентировочную их потребность для различных размеров ферм с учётом особенностей зон, условий содержания и кормления животных.

В конечном итоге система машин для механизации и автоматизации отрасли призвана стать основой технологического и технического оснащения животноводческих объектов независимо от форм собственности, программным документом создания и освоения серийного производства машин и оборудования, проведения НИР и ОКР. При этом должна ставиться задача, чтобы система машин обеспечивала:

- создание эффективных комплектов машин для хозяйств и ферм с разным уровнем интенсификации, концентрации производства, экономического и финансового состояния;
- условия для максимальной реализации генетического потенциала животных;
- повышение производительности труда, ресурсосбережение, производство высококачественной экологически чистой конкурентоспособной продукции, охрану окружающей среды;
- соответствие требованиям по надежности, безопасности, экологичности.

Основное отличие перспективной системы машин должно состоять

в том, что это не просто набор технических средств под определённые операции, а необходимый комплекс машин под конкретные типизированные базовые технологии, обеспечивающие выполнение всех технологических процессов от начала производства до получения готовой животноводческой продукции.

Дальнейшее развитие молочного скотоводства, основанное на масштабной интенсификации производства предполагает комплексную реализацию трёх основных составляющих экономически эффективного производства конкурентоспособной продукции, предусматривающих повышение генетического потенциала животных путём целенаправленной, формирование кормовой базы, опережающее рост валового производства молока, а также совершенствование технологии производства и условий содержания.

2.2. Модуль содержания и микроклимата

Окружающая среда оказывает большое влияние на организм сельскохозяйственных животных. Чтобы полнее реализовать генетический потенциал продуктивности коров, надо создать такие условия, которые бы максимально отвечали их биологическим особенностям. В противном случае животные вынуждены приспосабливаться, а это вызывает у них дополнительное напряжение физиологических процессов, повышение затрат энергии. Неблагоприятные условия содержания становятся стрессом для коров. В конечном итоге, снижается их продуктивность, увеличивается расход корма, а в ряде случаев возникают болезни и даже гибель животных. В целом же всё это влияет на экономическую составляющую хозяйства.

Что собой представляет комфорт для коровы, от чего он зависит, с чем взаимосвязан? Надо понимать, что комфортное содержание коров не означает создание для них неких особых комфортабельных условий. Речь идёт об условиях, отвечающих физиологическим потребностям животных. Естественным для коровы является потребление корма, воды, движение, лежание, пережевывание жвачки. Во всём этом корова не должна быть ограничена, иначе может наступить снижение (депрессия) продуктивности.

Комфорт коров зависит и от таких факторов, как способ содержания, формы обслуживания животных, качество животноводческих помещений, их планировка, вентиляция, освещение и др. Иногда достаточно лишь незначительных изменений в строительно-планировочных решениях, в оборудовании в пользу биологических требований животных, и для них будут созданы комфортные условия, способствующие повышению продуктивности. Необходимость создания таких условий имеет, в

первую очередь, экономическое значение и подтверждается следующим:

- улучшается здоровье животных, что снижает число клинических и субклинических заболеваний;
- повышается потребление корма и, следовательно, увеличивается производство молока, среднесуточные привесы;
- увеличиваются сроки использования, как животных, так и самих помещений, сооружений на ферме.

Комфорт животных подразумевает четыре основных условия, при которых корова чувствует себя идеально:

1. Сухие, мягкие боксы для отдыха;
2. Свежий воздух и прохлада;
3. Неограниченный доступ к корму;
4. Неограниченный доступ к воде.

На фермах с высокой степенью автоматизации производственных процессов при планировке зданий и обосновании элементов технологии помимо необходимости создания животным комфортных условий содержания при минимизации затрат трудовых и энергетических ресурсов на производство единицы продукции необходимо предусматривать возможность объединения модульных решений доения, кормления, воспроизводства и ветеринарного обслуживания в комплекс с единым алгоритмом управления на основе интеллектуальных цифровых систем. По мнению специалистов компании DeLaval удельный вес влияния комфортных условий на формирование продуктивности коров может достигать 63 % (рис. 13).

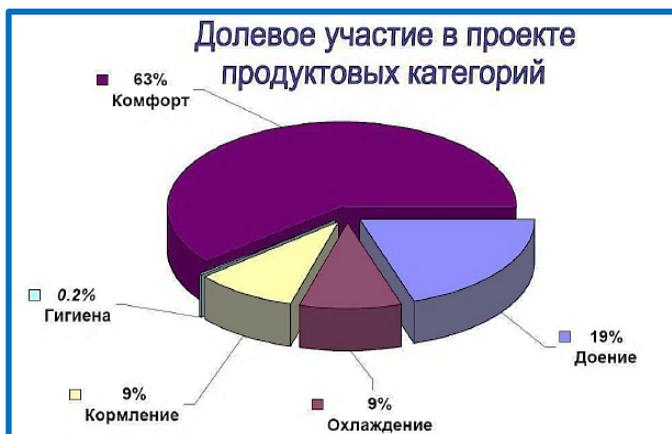


Рисунок 13 – Структура влияния технологических факторов на молочную продуктивность коров

Важнейшую роль в решении поставленных задач выполняет рациональная планировка производственных зданий. Организация внутреннего пространства современных помещений для содержания высокопродуктивных коров предусматривает выделение зон отдыха и кормления (рис 14). В соответствии с физиологическим ритмом животные до 10-12 раз в течение суток свободно перемещаются из одной зоны в другую. Общая протяжённость маршрута приближается к 5 км. Взаимосвязанное научно обоснованное размещение боксов для отдыха, навозных, кормонавозных и поперечных проходов способствуют формированию комфортной среды обитания животных и создают предпосылки для использования высокопроизводительного технологического оборудования.

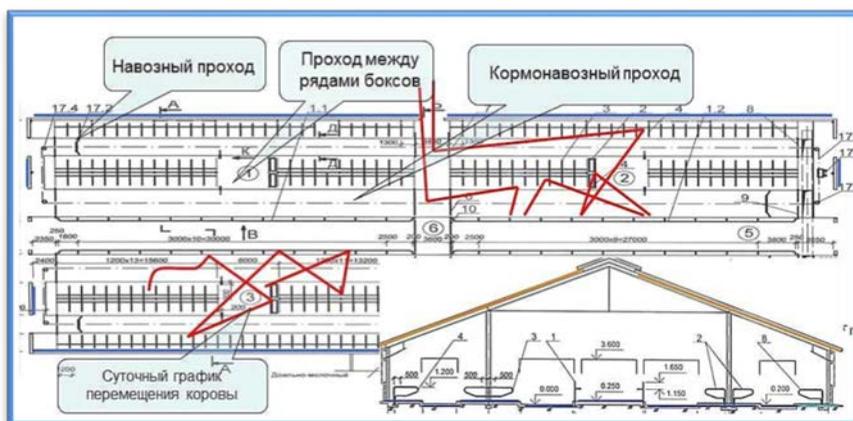


Рисунок 14 – Планировка современных помещений для содержания высокопродуктивных коров

Проходы в коровниках выполняют разные функции. Они являются связующими маршрутами между разными зонами, а также местом «приёмки» большей части экскрементов. Не менее существенное значение, наряду с рациональной планировкой, имеет ширина проходов для перемещения животных. При соотношении мест для отдыха и у кормового стола 3/1 принято на большинстве современных предприятий, особого внимания требует планировка кормонавозных проходов. Их ширина должна обеспечивать при расположении нескольких коров свободный встречный или параллельный проход ещё двух животных. Размеры проходов, образующихся между рядами боксов, должна обеспечивать беспрепятственный вход в индивидуальный бокс при одновременном проходе одной, а лучше двух коров. Важно, чтобы полы технологических

проходов не были скользкими, так как на мокром покрытии коровы передвигаются неуверенно, что может приводить к травматическим повреждениям конечностей.

Покрытия в зоне проходов бывают неэластичными (как правило, бетон) и эластичными (полимерные материалы). Покрытие поверхности имеет очень большое значение, поскольку оно определяет возможность передвижения и его скорость, а также здоровье копыт.

Справочно. Травматический фактор является ключевым в оценке качества покрытия пола проходов. Находясь на гладком твердом полу, животные, особенно в послеотельный период, имеющие слабые связки, поскользываются, разъезжаются конечностями «в шпалат» и получают растяжения. Восстановиться корове после таких повреждений очень сложно. Как правило, подобные травмы заканчиваются выбраковкой.

По статистике, 10-15 % животных в США выбраковывается из-за различных травм, связанных с растяжением на бетоне. Исследования шведских учёных показывают, что у коров, которых содержат в помещении с бетонным полом, вероятность хромоты увеличивается в 10 раз. Шведы подсчитали: сохранение одной коровы в год окупает инвестиции в 300 м² резинового покрытия. Это при том, что в Швеции потери от вынужденного убоя коровы оцениваются приблизительно в 2,3 тыс. евро.

Значительно уменьшить вероятность травмирования животных на бетонных полах позволяет нанесение грубой пластиковой щеткой на поверхности свежего бетона специальной структуры, обеспечивающей дополнительную шероховатость поверхности (рис. 15, вариант А). Однако при данном варианте в образовавшихся мелких канавках в процессе удаления навоза задерживаются остатки мочи и фекалий. Со временем искусственно нанесённое рифление стирается. Движения животных становятся менее уверенными. Коровы больше стоят. Возрастает нагрузка на копыта и конечности в целом. Снижается количество подходов к кормовому столу. Менее выраженными становятся признаки полового поведения.

В целях сохранения рифлёной поверхности длительное время, обеспечивающей уверенное передвижение коров, на ещё не затвердевший бетон пола наносятся специальные углубления в виде продольных или пересекающихся в форме квадрата или ромба полос (рис. 15, вариант Б, вариант В).



Рисунок 15 – Варианты конструкции пола кормонавозных и навозных проходов

Преимущества нанесения насечки противоскольжения на бетонных полах животноводческих комплексов:

1. Выявление охоты увеличивается на 50 %.
2. Молочная продуктивность увеличивается до 18 %.
3. Проблемы с травмами копыт и ног сокращаются на 55 %.
4. Затраты на обработку копыт сокращаются на 35 %.

В последнее время всё чаще для покрытия проходов применяют резину. На таких полах обеспечивается естественное передвижение животных, предупреждается проскальзывание, увеличивается активность животных и уменьшается их стресс.

При определении типа покрытия проходов следует учитывать предпочтение коровами мягкого покрытия. Применяемые покрытия из эластичных полимерных материалов, как и мягкая почва, в значительной степени гасят импульс, возникающий под действием веса животного при движении. Кроме того, мягкое покрытие позволяет внешнему краю (кромке) копыта слегка погружаться при движении, обеспечивая равномерное распределение нагрузки на всю поверхность копыта. Кроме несущего края (кромки) нагрузку воспринимают мякиши копыт. Если из-за жёсткости покрытие не прогибается под стенкой копыта, то при движении животного возникает постоянная нагрузка на кромку, что провоцирует усиленный рост копытного рога и аномальное увеличение рогового башмака. В результате нагрузка на несущий край копыта вскоре становится больше анатомически оптимального уровня, и перегрузка при движении по твердому полу возрастает все больше и больше.

Съёмка тепловизионной камерой в инфракрасных лучах показала, что при движении животных по полам с покрытием из резиновых матов, в сравнении с бетонным полом, значительно снижается нагрузка на ноги (рис. 16). Прогибание покрытия при усилии 200 кг на 1 см² обеспечивает равномерную нагрузку на роговую кромку и мякиши копыт и исключает

ПОДСКАЛЬЗЫВАНИЕ ЖИВОТНЫХ.

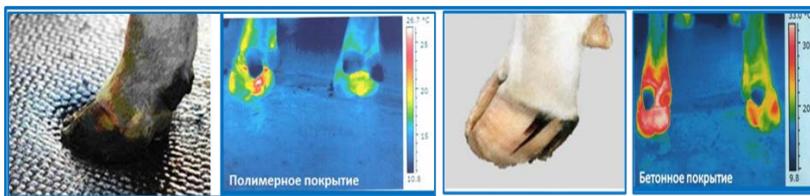


Рисунок 16 – Нагрузка на копыта при различных материалах покрытия пола проходов

Исследования подтверждают рост активности животных при применении мягких покрытий, что отражается на увеличении среднего числа шагов за 60 минут на 30 по сравнению с бетонной поверхностью. За день разница в шагах на указанных типах покрытий может достигать 1000 м.

Эластичное покрытие делает походку коровы более широкой, что тоже подтверждено экспериментально путём сравнения длины шага в условиях пастбища и щелевых бетонных полов. Средняя, естественная длина шага коров на пастбище равна около 81 см, в то время как на щелевом бетонном покрытии она уменьшается до 58 см. На бетоне, покрытом резиной, шаг увеличивается до 78 см, что свидетельствует о более уверенном поведении животных при перемещении. Повышения активности животных во время охоты на мягком покрытии служит ещё одним доказательством в пользу использования резиновых покрытий (информация agroperspektiva.ru...content/uploads/2018/04/novyy...).

Покрытия для животноводческих проходов поставляются в двух вариантах: цельными рулонами и в виде небольших ковриков, соединяющихся между собой на манер пазлов по системе «ласточкин хвост» (в паз). Применение цельного листа покрытия под расчёт площади помещения (навозной аллеи, галереи и накопителя и т. д.) значительно упрощает монтаж и существенно уменьшает отходы, так как не надо вырезать, кроить и подгонять. Применение рулонов снижает проблему просачивания воды и забивания их стыков навозом, что может происходить между многочисленными стыками при укладке настилов пазлами.

Существует также противоположное мнение, основанное на том, что пазловая технология удобнее, так как небольшие куски резины компенсируют её деформацию под влиянием температур, и нагрузкой копыта. Кроме того, у пазлового покрытия меньше шансов «пойти волнами» при огрехах в монтаже и под давлением скрепера. Да и сам монтаж и транспортировка пазловых ковриков гораздо удобнее, чем цельного тяжёлого рулона.

Рулонное покрытие сложно изготовить толще 15-16 мм, а минимальная толщина покрытия для комфортного продавливания копытом и оптимальной теплопроводности составляет не менее 18 мм.

Пазловые коврики должны монтироваться с максимальной притиркой друг к другу, чтобы поверхность пола оставалась ровной, обеспечивая идеальный проход скрепера по навозному проходу. Каждый коврик крепится к полу с помощью специального дюбель-гвоздя, что дополнительно удерживает эту часть покрытия на своём месте.

Как рулонные, так и пазловые покрытия не нужно укладывать встык с бетонными краями навозного прохода. Зазор необходим для отвода воды, попадающей под поверхность матов, а также для компенсации влияния температурного фактора. Например, если ширина навозного канала составляет 3 м, то маты укладываются, не доходя до бетонных отбортовок. То есть ширина покрытия составит 2,96 м с учётом зазора по 2 см с каждой стороны. Целесообразно делать покрытие на всех участках передвижения животных в коровнике. Особое внимание необходимо уделить качеству напольного покрытия около поилок, так как возле них всегда скользко и происходит постоянное соперничество, а значит, коровы могут получить травму в результате резких движений.

Индивидуальный бокс для отдыха животных. Вторым элементом стойлового оборудования коровника, обеспечивающим комфортные условия при беспривязно-боксовом содержании и определяющим предпосылки для автоматизации обслуживания животных, является индивидуальный бокс для их отдыха.

Существуют определённые стандарты, определяющие ширину и длину стойлового места. Ширину боксов выполняют с таким расчётом, чтобы животное не могло в нём развернуться. При большей ширине бокса корова может встать по диагонали и испражниться на то место мата, на которое сама потом ляжет выменем. Вместе с тем, он должен быть достаточно широким, чтобы животное могло свободно лежать и беспрепятственно поворачиваться с бока на бок. Если бокс слишком узок, есть опасность столкновения с боковыми ограждениями стойла, которые сопровождаются ушибами, ссадинами и рваными ранами.

В типовых проектах коровников ширина боксов была принята 1200 мм, для того чтобы в стандартный шаг колонн 6 м вошло ровно 5 боксов, поскольку стойловое оборудование крепилось непосредственно к колоннам здания. Длина места отдыха для коровы должна обеспечивать комфортный отдых и способствовать поддержанию необходимого санитарного состояния поверхности пола бокса. При длине, соответствующей размерам животных, на край пола бокса должны опираться задние ноги коровы, находящейся в положении стоя, а в положении лёжа – круп. В этом случае основная масса экскрементов попадёт в навозный

канал.

Длина бокса изменяется в соответствии с размерами и массой животных перемещением ограничительной трубы, закреплённой с помощью хомутов на горизонтальных элементах разделителей боксов. Для крупных коров высота установки ограничителя от пола бокса должна быть около 1,1-1,2 м, а расстояние по диагонали от края бокса – 1,9-2 м. После постановки скота в секцию следует уточнить положение ограничителя. Если он расположен ниже нормы, коровы не заходят в бокс. Если слишком высоко, то просто не выполняет своей функции.

Одна из особенностей крупного рогатого скота заключается в том, что, вставая, животное сначала несколько подается вперёд. В связи с этим, стойло для коровы должно быть устроено таким образом, чтобы между суставом передней конечности лежащего животного и возможными фронтальными ограждениями было расстояние не менее 100 мм. Если такого промежутка нет, то при вставании животное может травмировать себя, особенно при гладкой и скользкой поверхности пола.

Найти компромиссное решение этой задачи для боксов с передним пространством для выпада, а также регулировать пространство для тела и головы коровы помогает так называемая грудная доска, которая не даёт корове лечь слишком далеко от края бокса и исключает возможность горизонтального перемещения при вставании животных. Она должна возвышаться над основанием бокса на 150-200 мм и находиться на расстоянии 1750-1800 мм от его края. Использование грудной доски позволяет несколько увеличить высоту установки ограничителя и одновременно избежать загрязнения бокса (рис. 17).

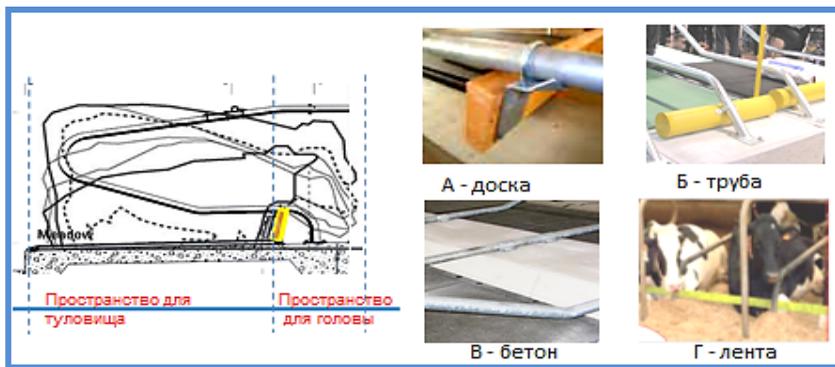


Рисунок 17 – Варианты организации пространства боксов с помощью грудных упоров различной конструкции

Разграничение на зоны может быть выполнено устройством возвышения в передней части бокса из бетона (вариант В). Грудная доска

(вариант А) может быть успешно заменена упором из полимерного профиля, трубы (вариант Б) либо прочной ленты шириной примерно 75 мм (вариант Г).

Одно от другого места для отдыха разграничивается специальными ограждающими конструкциями или разделителями. Размеры и конструкция разделителей боксов влияют на комфорт, а, следовательно, на состояние здоровья и продуктивность животных. Обычно разделители боксов выполняют из двух горизонтальных элементов. Верхняя часть устанавливается на расстоянии 100-110 см, нижняя – 40-50 см от уровня пола.

Системы с боксовыми стойлами могут быть однорядные, двухрядные, с комбинированными решениями, стабильные и съемные (рис. 18). Их выбирают с учётом ширины и внутренних конструкций реконструируемых зданий.

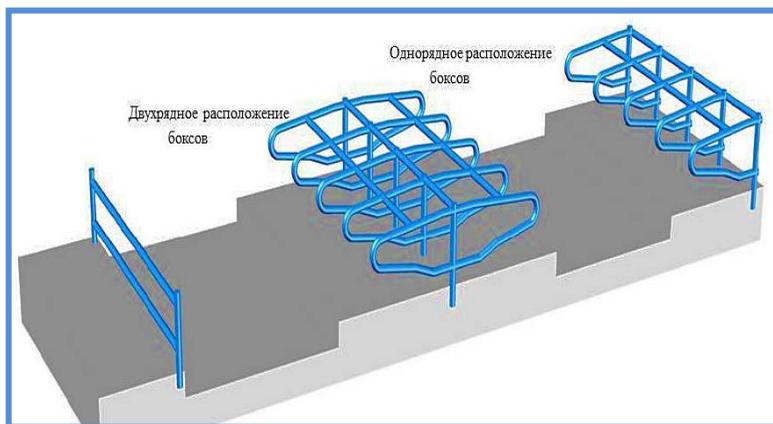


Рисунок 18 – Варианты расположения индивидуальных боксов

Одиночные боксы, как правило, размещают у продольных стен, сдвоенные обычно примыкают к кормовому проходу. Конструкция их практически не различается за исключением глубины. Пристенные боксы рекомендуется выполнять на 20-30 см глубже сдвоенных. Посещаются животными как одиночные, так и сдвоенные места для отдыха с одинаковой частотой.

На современном этапе развития молочного скотоводства при продуктивности коров до 10-12 тыс. кг молока за лактацию для боксов у стены требуется длина от 2,50 до 2,60 м, для сдвоенных боксов – от 2,30 до 2,40 м. В двухрядных боксах длины 2,4 м достаточно, так как передняя часть пространства может использоваться для движения головы при подъёме из стойла обеих коров. Уклон от 3 до 4 % обеспечивает

самоочистку поверхности лежа. Рекомендуемая ширина боксов составляет 1,20 м [42].

Обосновывая оптимальное соотношение количества боксов с поголовьем коров в группе, И. Бенке, Дж. Чиффо, Ш. Ковача отмечают, что в зависимости от величины группы сразу 6-8 коров стараются лечь рядом [10]. А если такую особенность поведения не учесть заранее, то может получиться, что некоторая (иногда довольно значительная) часть животных лягут для отдыха в проходе, где накапливается полужидкий навоз, вызывая этим загрязнение вымени, а в дальнейшем и молока. По их мнению, в зоне отдыха число боксов должно превосходить число животных: на каждые 6-8 коров по 1-2 лишних бокса.

На основании многолетних исследований учёные РУП «Научно-практически центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» рекомендуют планировать секции для содержания коров таким образом, чтобы число боксов было на один больше в расчёте на каждые 8-10 коров. Если это требование не соблюдено, то часть животных ложится отдыхать в проходном коридоре, загрязнённом жидким навозом. Особенности периодического чередования фаз активного движения и отдыха в процессе жизнедеятельности молочной коровы определяют конструкцию профиля пола боксов для отдыха. В соответствии с нормальным суточным ритмом проявления физиологических функций коровы должны проводить 12-14 ч дня лёжа, распределяя время лежания обычно на 9-11 периодов от 80 до 90 минут. В это время они снова интенсивно жуют, при этом происходит выделение слюны, которое способствует нейтрализации ферментируемой в рубце кислоты. В это время коровы освобождают конечности, который сильно переутомляется на бетоне, и повышают кровоснабжение вымени, примерно, на 1 л в минуту по сравнению с положением стоя, что благоприятно содействует процессу синтеза молока. Проходит процесс обсыхания копыт. Оптимальным поведение в стаде является, если 80 % коров во время отдыха в коровнике находятся в боксах для отдыха [68].

Время лежания и количество периодов лежания состоят в зависимости от плотности расположения (число коров на квадратный метр секции), качества и вида поверхности площади лежания и качества самого бокса. На бетоне или жёстких массивных резиновых ковриках корова вынуждена постоянно менять позицию лежания, при этом время лежания укорачивается до 6 часов. Половинчатая позиция лежания в боксах указывает на боксы, которые причиняют боль. Оптимальное время лежания достигается только, если покрытие пола бокса обеспечивает достаточный комфорт. В противном случае коровы отказываются ложиться или лежат в навозных проходах на бетоне. Если они всё-таки ложатся, то пребывают дольше в боксе и идут реже к кормовому столу,

так как животные пытаются избежать болезненного вставания. Вследствие этого сокращено принятие корма и воды. Рядом исследований [60, 96] установлено, что санитарное состояние ложа и создание оптимальных условий для отдыха животных в основном зависят от конструктивных параметров ложа, времени пребывания на нём животных, качества, количества и периодичности внесения подстилки.

По профилю пола боксы разделяются на заглублённые (глубокие) и высокие. Заглублённые боксы отличаются порогом со стороны навозного прохода высотой 15-25 см. Образованный таким образом лоток заполняется подстилочным материалом (рис. 19).

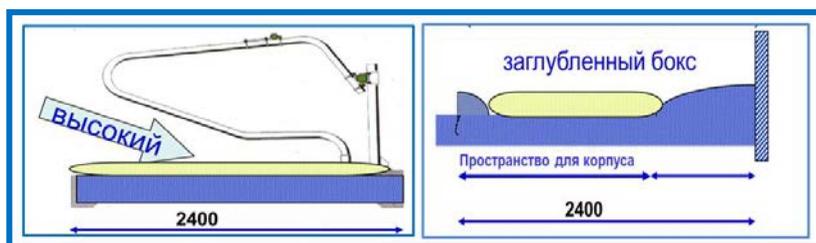


Рисунок 19 – Различные профили пола боксов

Поверхность высоких боксов, как правило, выстилается полимерным покрытием в виде отдельных ковриков для каждого бокса или удлинённых рулонных покрытий (рис. 20, вариант А). Стандартная ширина отдельных ковриков варьируется от 90 до 120 см при длине не более 190 см. Толщина различных моделей составляет от 2,5 до 4 см. Настилы пола боксов, как в виде пластины, так и рулонные, могут быть однослойными, со специально профилированной, обеспечивающей необходимую эластичность поверхностью, прилегающей к полу. Вторым распространённым вариантом являются многослойные покрытия, в которых поверхность, контактирующая с животным, выполнена из прочного материала с рифлением против скольжения. Внутренний слой или поверхность, прилегающая к бетонному полу, за счёт эластичности материала выполняет амортизирующую функцию (рис. 20, вариант Б).



Рисунок 20 – Варианты полимерных однослойных (а) и многослойных (б) покрытий пола боксов

Исследования показывают, что примерно 20 раз в день животные встают на ноги, чтобы попить, поесть, опорожниться или для доения. Затем, следуя своему естественному режиму, она снова ложится, чтобы отдохнуть и пожевать жвачку. Высокое потребление корма также требует покоя. Чем дольше корова находится в боксе, тем интенсивнее у неё жвачка, лучше слюноотделение, что стабилизирует среду в рубце. Коровы меняют принятую позу при лежании примерно каждые 12 минут [62]. Каждый раз, когда корова ложится, примерно 2/3 её веса приходится на колени передних ног, на которые она падает с высоты примерно 25-30 см. Падение коровы на жёсткое покрытие пола может вызвать болезненные ощущения. Это приведёт к тому, что коровы будут больше времени проводить стоя, в результате чего могут произойти изменения естественного жизненного цикла коровы: снизится потребление корма и воды и ухудшится процесс пищеварения.

С учётом отмеченных особенностей поведения коров и на основе опыта использования различных вариантов ковриков и многослойных матов для боксов, учёными РУП «Научно-практического центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» разработаны требования к качеству и конструкции покрытия.

Комфортные для животных покрытия пола боксов должны обладать:

- профилированной, возможно рифлёной поверхностью, исключающей скольжение, удерживающей на поверхности настила небольшое количество подстилки (опилки, известь, мел, измельчённая солома);
- покрытие должно обладать стабильностью формы и длительное время сохранять эластичность (ведущие производители покрытий гарантируют сохранение формы изделия в течении 5–8 лет эксплуатации);
- специальный профиль нижнего слоя должен гарантировать оптимальную упругость. После вставания животного настил должен восстанавливать свою первоначальную форму. При нагрузке от 13,5 до 16 N/cm² глубина деформации должна составлять 19-20 мм. Механизм деформирования покрытия должен также способствовать защите животного от подкальзывания.

Совместно с ОАО «Белшина» учёными РУП «Научно-практического центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» разработаны монолитные напольные покрытия 1930×1230×40 мм из отходов производства ОАО «Белшина» (80 % обрезиненного корда, 10 % крошка резины и 10 % отходы резиновой смеси).

Для изучения физических качеств покрытий, комфортности содержания коров и реализации основных процессов их жизнедеятельности в зимний, переходный и летний периоды 2011 года на молочно-товарной ферме «Жажелка» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области был проведён научно-хозяйственный опыт по

схеме, представленной в таблице 5. В качестве контрольного покрытия использовался бетонный пол с соломенной подстилкой (толщина слоя 50 мм), а в качестве опытных – монолитные резиновые напольные покрытия 1930×1230×40 мм из отходов производства ОАО «Белшина» и монолитные резиновые напольные покрытия КKM 2000×1200×30 мм производства Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH (Германия). Лицевая поверхность плит рифлёная.

Установлено, что монолитные резиновые плиты, как производства ОАО «Белшина», так и производства Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH (Германия) способствуют более длительному сохранению температуры «логова», что позволяет животному меньше его согреть.

Зоогигиенические исследования показали, что температура поверхности пола с покрытием из монолитных резиновых плит производства ОАО «Белшина», по средним данным измерений за зимний период опыта, сразу после вставания животных составила +20,4 °С, через один час она снижалась до -2,3 °С, или на 22,7 °С, для поверхности пола с покрытием из резиновых плит импортного производства эти же показатели были равны соответственно +20,6 °С, -2,1 °С или на 22,7 °С. Для контрольной группы этот показатель составил соответственно +19,9 °С, -4,2 °С или на 24,1 °С.

Таблица 5 – Динамика температуры поверхности различных подстилочных материалов в боксах в зимний период, °С

Время измерений	После вставания животных		Под лежащими животными	
	Январь	Февраль	Январь	Февраль
Бетонный пол с соломенной подстилкой				
Через 1 мин	20,1±0,15	19,7±0,19	-4,0±0,10	-4,9±0,12
Через 30 мин	6,2±0,07	5,6±0,08	8,5±0,10	7,5±0,09
Через 60 мин	-3,9±0,04	-4,5±0,07	20,2±0,25	19,8±0,11
Монолитные резиновые плиты из отходов производства ОАО «Белшина»				
Через 1 мин	20,5±0,20	20,3±0,10	-2,3±0,11	-2,8±0,10
Через 30 мин	7,2±0,08	7,0±0,08	9,3±0,16	8,9±0,12
Через 60 мин	-2,1±0,15	-2,5±0,06	20,7±0,26	20,5±0,23
Монолитные резиновые плиты импортного производства				
Через 1 мин	20,7±0,18	20,5±0,04	-2,0±0,09	-2,6±0,12
Через 30 мин	7,5±0,08	7,2±0,06	9,5±0,16	9,1±0,12
Через 60 мин	-1,8±0,04	-2,3±0,05	20,8±0,43	20,7±0,15

За весенний период опыта, по средним данным измерений, сразу после вставания животных, температура поверхности покрытия пола во II опытной группе составила +23,1 °С, через один час она снижалась до +6,3 °С, или на 16,8 °С, для поверхности покрытия пола в III опытной группе эти же показатели были равны соответственно +23,1 °С, +6,5 °С

и 16,6 °С. Для контрольной группы этот показатель составил соответственно +22,2°С; +5,10, или на 17,1°С. Аналогичная тенденция в изменении температуры поверхности покрытия пола сохранялась в летний и в осенний периоды.

Температура поверхности бетонного пола с соломенной подстилкой за летний период опыта сразу после вставания животных в среднем составила +24,8 °С, через один час она снижалась до +21,3 °С, или на 3,5 °С. В то же время температура пола с покрытием из монолитных резиновых плит производства ОАО «Белшина» сразу после вставания животных составила +26,1 °С, через один час она снижалась до +23,9 °С, или на 2,2 °С, для поверхности пола с покрытием из резиновых плит немецкого производства эти же показатели были равны соответственно +26,4 °С, +24,3 °С и 2,1 °С.

Температура поверхности пола по средним данным измерений за осенний период опыта сразу после вставания животных в контрольной группе была равна +19,1 °С, через один час она снижалась до +11,8 °С, или на 7,3 °С. Температура покрытия пола во II и III опытных группах составила соответственно +21,4 °С, +17,8 °С и 3,6 °С и +21,6 °С, +18,0 °С и 3,6 °С.

Об интенсивности теплового потока, исходящего от тела животного к полу, судили по результатам измерения температуры тела под лежащими животными. За один час контакта тела животного с полом, температура последнего повышалась для полов с покрытием из монолитных резиновых плит из отечественного производства в зимний период на 23,2 °С, в весенний – на 17,1 °С, в летний – на 2,9 °С и в осенний – на 5,0 °С. Для полов с покрытием из резиновых плит импортного производства, соответственно, на 23,1 °С; 17,0 °С, 2,8 °С и 4,9 °С, а для контрольного пола – на 24,5 °С, 17,6 °С, 4,1 °С и 8,1 °С.

Одним из важных показателей получения доброкачественного молока является содержание в чистоте полов, что оказывает определённое влияние на чистоту кожного и волосяного покрова коров и в конечном итоге на качество получаемой продукции. Для определения степени загрязнённости пола в аналогичных участках стойл с их поверхности делали соскобы всех механических частиц. Последующее их взвешивание показало, что степень загрязнённости поверхности бетонного пола с соломенной подстилкой в среднем за зимний и весенний периоды составила 15,5 и 20,2 г/м², за летний и осенний периоды, соответственно, 10,5 и 17,2 г/м²; монолитных резиновых плит производства ОАО «Белшина» – 11,2 и 15,4 г/м² и 8,2 и 13,4 г/м², резиновых плит производства Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH – 10,9 и 15,1 г/м² и 8,0 и 13,0 г/м².

За период исследований (зима, весна, лето, осень) поверхность монолитных резиновых плит, как производства ОАО «Белшина», так и

производства Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH (Германия), не деформировалась, на них отсутствовали трещины.

При обосновании использования различных подстилочных материалов мы применили метод балльной оценки комфортности условий содержания животных, предложенный В.Д. Степура [79]. Наличие отрицательных явлений оценивали как нулевую комфортность, частичное их присутствие – в 0,5 балла, отсутствие отрицательных явлений – 1 балл. Так, различные материалы оказали определённое влияние на поведенческие реакции животных (табл. 6).

Применение монолитных резиновых плит способствует созданию тёплого, сухого и чистого «логова» в зимний, весенний, летний и в осенний периоды, что влияет на продолжительность отдыха животных. В первой группе в среднем за 24 часа среди коров лежало наименьшее количество особей – 34,2 % в зимний период, 32,3 % в весенний, 43,3 % в летний и 32,3 % в осенний период. Наоборот, во второй и третьей группах лежало соответственно 46,7 %, 45,3, 46,3 и 45,6 % коров и 47,0 %, 45,9, 46,7 и 46,0 %, так как места для отдыха были более сухими и чистыми.

Таблица 6 – Результаты хронометражных наблюдений

Группа	Затраты времени по видам деятельности, %		
	Кормится	Стоит	Лежит
в зимний период			
I (контрольная)	24,4	41,4	34,2
II (опытная)	22,2	31,1	46,7
III (опытная)	22,0	31,0	47,0
в весенний период			
I (контрольная)	25,8	41,9	32,3
II (опытная)	22,8	31,9	45,3
III (опытная)	22,6	31,5	45,9
в летний период			
I (контрольная)	24,0	32,7	43,3
II (опытная)	22,5	31,2	46,3
III (опытная)	22,3	31,0	46,7
в осенний период			
I (контрольная)	27,3	40,4	32,3
II (опытная)	24,1	30,3	45,6
III (опытная)	24,0	30,0	46,0

Необходимо отметить, что за все сезоны года (кроме летнего периода) у коров контрольной группы логово было загрязнено в течение дня, что приводило к повышению влажности, возникновению неровностей на поверхности подстилки. У животных второй и третьей опытных групп логово было сухим и чистым. Животные контрольной группы

вели себя беспокойно по сравнению с аналогами II и III опытных групп. Они больше времени проводили стоя, чаще ложились и вставали. Средняя продолжительность лежания также оказалась самой короткой. В контрольной группе, с влажной подстилкой, в течение дня коровы большее время находились в состоянии стоя на выгульно-кормовой площадке или в помещении и лишь в ночные часы некоторые ложились от усталости по краям загрязнённого логова. В связи с этим, по методу определения комфортности, соломенную подстилку можно оценить в 0,5 балла, а монолитные резиновые плиты ОАО «Белшина» и Gummiwerk Kraiburg Elastik GmbH (Германия) в 1,0 балл, так как затраты времени на прием корма, отдых лежа и стоя у животных опытных групп были практически одинаковыми во все периоды исследования (табл. 7).

Таблица 7 – Суммарная оценка комфортности (в баллах)

Факторы оценки	Группы животных		
	I контрольная	II опытная	III опытная
в зимний период			
Поведение животных	0,5	1	1
Загрязнённость тела животных	0,5	1	1
Травмы конечностей и вымени	1	1	1
ВСЕГО:	2,0	3,0	3,0
в весенний период			
Поведение животных	0,5	1	1
Загрязнённость тела животных	0,5	1	1
Травмы конечностей и вымени	1	1	1
ВСЕГО:	2,0	3,0	3,0
в летний период			
Поведение животных	0,5	1	1
Загрязнённость тела животных	1	1	1
Травмы конечностей и вымени	1	1	1
ВСЕГО:	2,5	3,0	3,0
в осенний период			
Поведение животных	0,5	1	1
Загрязнённость тела животных	0,5	1	1
Травмы конечностей и вымени	1	1	1
ВСЕГО:	2,0	3,0	3,0

Вторым контрольным показателем в оценке комфортности условий содержания животных явилась загрязнённость их тела. При оценке степени загрязнённости тела животного в зимний, весенний и осенний периоды было выявлено, что содержание коров на соломенной подстилке отразилось на данном показателе. Было выявлено некоторое

загрязнение кожного покрова животных. Загрязнёнными были места в области бедра, что относится к категории среднезагрязнённых животных и оценивается в 0,5 балла. Наиболее загрязнённый кожный покров был у коров низших рангов. Животных, содержащихся на монолитных резиновых плитах, можно отнести к категории чистые животные и покрытия можно оценить в 1,0 балл. В летний период было выявлено, что содержание животных, как на бетонном полу с использованием соломы, так и на полу с отечественным и импортным покрытием в боксах, не отразилось на данном факторе. Все животные относились к категории чистые. Поэтому все поверхности подстилочных материалов (солома и резиновые покрытия) можно оценить в 1,0 балл.

Проводя оценку травм конечностей и вымени, установили, что все подстилочные материалы оказали положительное влияние на состояние конечностей и вымени у коров (зима, весна, лето и осень) и оценивались в 1,0 балл. Следовательно, при оценке суммарной комфортности содержания животных на различных подстилочных материалах видно, что высшую оценку получили монолитные резиновые плиты.

Устройство боксов с полимерными ковриками предполагает использование подстилки, в качестве которой может использоваться солома, опилки средней длины мягких пород дерева. Подстилка используется для поддержания в сухости и чистоте пола и самого животного, обеспечения ему хорошего отдыха, предохранения от простудных заболеваний [31]. Пренебрежение требованиями к эластичности ковриков, отсутствие подстилки в достаточном количестве либо внесение опилок хвойных пород деревьев может приводить к бурситам (воспалению суставов) и травмированию кожных покровов конечностей коров (рис. 21). Жестким абразивным действием может обладать корка подсохшего навоза на поверхности полимерного покрытия при не своевременной очистке.



Рисунок 21 – Участки травмированного кожного покрова и конечностей коров

Для обеспечения комфортных условий животным при содержании с

использованием высоких боксов требуется внесение соломы до формирования примерно 20 см слоя. При подстилочном содержании в таких боксах важно обеспечить сохранение подстилки, так как при вставании корова, делая шаг назад, сбрасывает её в проход. Предложено несколько вариантов ограничителей (рис. 22): а – металлическая труба, б – приподнятая основа бокса, в – деревянный брусок. Как правило, подстилочный материал разбрасывается не менее двух раз в неделю из расчёта от 0,15 до 0,5 кг в сутки, а очистка загрязнённых участков пола бокса и фрагментов подстилки проводится ежедневно. Это неизбежно значительно увеличивает трудовые затраты и совокупные энергетические издержки.

Кардинально решить проблему травмирования, а, следовательно, преждевременного выбытия коров, поскольку лечение открытых ран осложнено постоянно повторяющимися повреждениями при вставании и укладывании животных на коврики возможно применением глубоких боксов с подстилкой.

На основании многочисленных данных [31, 60, 66, 71, 96] установлено, что наилучшим подстилочным материалом является солома. 1 кг соломенной подстилки способен впитывать 2,2–4 кг влаги. Влагопоглощающая способность соломы зависит от качества уборки и технологии её использования: измельчённая солома имеет влагопоглощающую способность 398 %, прессованная – 323, рассыпная – 220 %. Наиболее влагоёмкой является солома озимых культур. Она хорошо впитывает влагу – в 2,5 раза больше, чем весит сама, и сохраняет тепло под лежащими животными [71, 89].



Рисунок 22 – Варианты технологических решений для сохранения в стойлах подстилки

Исследованиями, проведенными учёными БелНИИЖ [38, 83], доказано, что определённым количеством подстилки можно регулировать жёсткость места для отдыха и степень потребности в теплозащите. Применение оптимальных норм внесения соломенной подстилки

обеспечивает комфортные условия жизнеобеспечения животным и способствует повышению молочной продуктивности на 6 %.

Анализ показателей биоэнергетической оценки, отражающих отношение аккумулированной энергии в продукции к затраченной на её получение, позволяет сделать вывод о предпочтительности нормы внесения соломенной подстилки при боксовом содержании из расчёта 1 кг на голову в сутки. Коэффициент биоэнергетической эффективности основной продукции составляет 7,77 % (табл. 8).

Для исключения относительно высокого риска инфицирования вымени и копыт на такой подстилке рекомендуется смесь из соломы, извести и воды, как материала для наполнения глубокого бокса. Она должна формировать нижний слой, который в меньшей степени выносятся из бокса. Солома сильно измельчается смесителем корма и увлажняется водой. В отношении 1:10 перемешивается с известью (CaCO_3). Влажная смесь извести и соломы образует стабильный матрас, который отвечает оптимальному комфорту лежачка. Для сооружения нового матраса требуются на один бокс 150-200 кг смеси. Регулярные подсыпания происходят еженедельно при соотношении компонентов смеси соломы к известняку 1:5. в массе 4-5 кг на один бокс.

Таблица 8 – Показатели биоэнергетической оценки различных норм внесения подстилки в боксы

Показатели	Норма внесения подстилки, кг		
	0,5	1,0	1,5
Совокупные энергозатраты на: 1 ц молока, кг у.т.	63,8	65,0	66,7
1 голову, кг у.т.	3281,23	3514,55	3621,81
Энергосодержание основной продукции, кг у.т.	4,80	5,05	5,07
Энергосодержание всей продукции, кг у.т.	6,41	8,28	9,91
Коэффициент биоэнергетической эффективности основной продукции, %	7,52	7,77	7,6
Коэффициент биоэнергетической эффективности всей продукции, %	10,04	12,74	14,86

В ограниченных количествах может использоваться песок как материал для наполнения глубокого бокса. Высота слоя должна составлять минимум 10 см. Ежедневно площадь лежачка должна контролироваться: выравнивать и устранять лежащий на ней навоз. Еженедельно песок дополняется из расчета 20 кг на каждый бокс в день. Однако применение песка может приводить к накоплению в системе трудно смываемого осадка, из-за которого насосы навозной жижи могут быть перегружены.

В сравнительных исследованиях установлено, что в холодное время года коровы отказывались от бокса с песком из-за сильного отвода тепла и предпочитали боксы с соломой.

Применение традиционных материалов может приводить к увеличению содержания твёрдых частиц в навозе. В подстилочных материалах могут содержаться камни, металл и другие посторонние предметы, способные травмировать животных. В качестве альтернативы традиционным подстилочным материалам в странах развитого молочного скотоводства все чаще используется переработанный навоз.

Технологический процесс приготовления подстилки из навоза включает удаление с фермы навозных стоков в приемный резервуар-жестборник, перемешивание биомассы и подачу насосом в сепаратор для разделения на фракции. Жидкая фракция самотеком направляется в накопитель, твёрдая – шнековым транспортером загружается в биореактор (рис. 23). Его лопатки перемешивают материал, передвигая по всей длине агрегата при медленном вращении барабана. В аэробных условиях, при постоянной продувке воздухом, путём естественных биотермических процессов происходит обеззараживание твёрдых составляющих навоза. На его подсушку не требуется дополнительных энергозатрат, так как температура внутри биореактора достигает 72 °С. Уже через сутки, благодаря ускоренному компостированию загруженной массы, она превращается в экологически чистый рассыпчатый материал из обезвоженных остатков не переваренного корма. Готовую подстилку без запаха, с низким содержанием влаги можно сразу же отправлять в коровник.

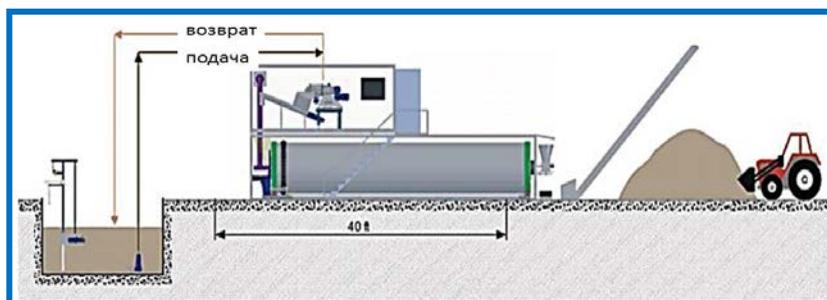


Рисунок 23 – Схема установки приготовления подстилки из навоза

Компоненты системы: погружной насос с измельчителем и миксером; прессовый шнековый сепаратор (назначение «для подстилки»); шнековый транспортер из сепаратора в барабан; барабан для компостирования в изолированном контейнере.

Использование сепарированного навоза в филиале «Правда-Агро»

ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» Дзержинского района в качестве подстилки для дойного стада свидетельствует о высокой эффективности метода. На такой подстилке животные лежат чистые, им тепло и комфортно в мороз, они не болеют, снижается уровень соматических клеток в молоке.

Практичным высокопроизводительным вариантом технологического процесса приготовления подстилки из навоза может быть применение многоступенчатой вальцевой прессовой системы для разделения стоков на твёрдую и жидкую фракции (рис. 24).

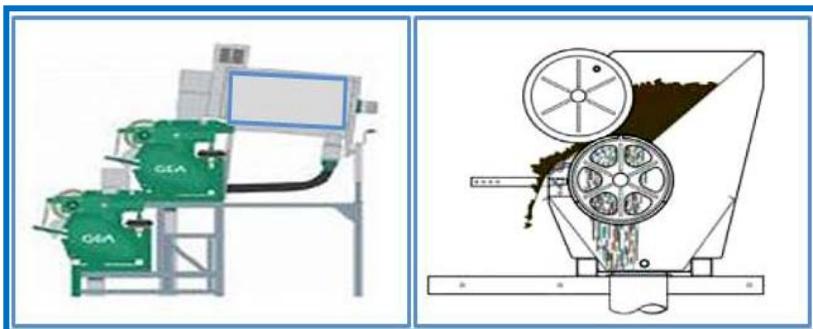


Рисунок 24 – Схема многоступенчатой вальцевой прессовой системы для приготовления подстилки из навоза.

Технологический процесс приготовления подстилки включает удаление с фермы навозных стоков в приёмный резервуар-жижесборник, перемешивание массы и подачу насосом в сепаратор для разделения на фракции. Специальная конфигурация резиновых вальцов и сетчатых роликов обеспечивают максимальное уменьшение влажности твёрдой фракции с минимальным потреблением электроэнергии. Следовательно, соответствующая биологическим особенностям коров конструкция места отдыха и обеспечение возможности комфортного передвижения за счёт устройства мягкого термоизолирующего покрытия на путях перемещения животных позволяет, при значительных сокращениях издержек на обслуживание стада, снизить вероятность механических повреждений конечностей, воспаления вымени и копыт и в итоге уменьшить непродуктивную выбраковку поголовья.

Размещение поилок. В обеспечении комфортных условий содержания при беспривязном содержании важно правильно определить место для размещения поилок. При этом желательно учитывать следующие требования:

- нельзя размещать полки в местах отдыха коров, это беспокоит отдыхающих коров, кроме того, вокруг поилки намокает подстилка;

- поилки не должны мешать навозоудалению;
- должна быть непосредственная связь между местами расположения кормового стола и поилок;
- при размещении поилок надо иметь в виду, чтобы их техническое обслуживание было удобно.

На основе этого наиболее рациональным является размещение поилок между рядами боксов, в торцевых частях помещений и со стороны выгульных площадок. Ширина проходов определяется длиной туловища коровы и дополнительным пространством для встречного прохода двух животных (рис. 25).

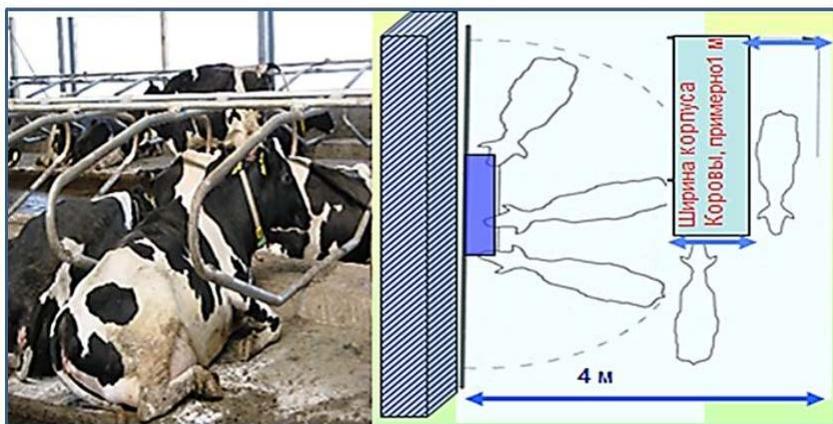


Рисунок 25 – Схема расположения поилок

Размещение в проходах позволяет организовать циркуляцию воды по замкнутому трубопроводу, что препятствует замерзанию. Умело размещенными полками можно полностью удовлетворить потребность коров в питьевой воде, что является необходимым условием для достижения нужного потребления кормов и высокого удоя. На одной такой площадке можно установить по 2 двухметровых или 1 четырёхметровую поилку. На линии одинарных боксов можно установить по одной 1,5-2-метровой поилке. Главная опасность здесь – нельзя устанавливать поилки возле торцовых стен и в других местах, где есть опасность промерзания грунта и воды в морозные дни.

В торцевых частях коровников с беспривязно-боксовым содержанием на переходах возле стен целесообразно устанавливать щётки-чесалки для коров, но не поилки. Коровы охотно к ним подходят во время суток и эта процедура, в некоторой мере отвлекает коров от кормового стола и поилок, что уменьшает скученность животных возле указанных мест.

Наиболее рациональный вариант подачи воды в животноводческие помещения – устройство водопровода под землей внутри зданий. Более практична водопроводная труба из пластика, а не из металла. Она долговечна, не подвергается коррозии, а животные получают чистую воду. Однако, как показали исследования, во многих изучаемых хозяйствах продолжают монтировать водопровод не под землей, а по стенам, опорам или проходам зданий.

Удаление навоза из помещений. В животноводстве одним из самых сложных процессов является удаление навоза из помещений для содержания скота. Работы, связанные с очисткой стойловых помещений и транспортировкой навоза, могут занимать почти 50 % от трудовых затрат на молочно-товарных комплексах. Применяемые на фермах системы удаления навоза сказываются на обеспечении требуемого микроклимата, санитарном состоянии ферм, сохранении здоровья животных и обслуживающего персонала [90]. Они могут также влиять на объём получаемой на ферме навозной массы, её физико-механические характеристики и эффективность использования в растениеводстве как органического удобрения, обеспечение охраны окружающей среды от загрязнений, суммарные затраты, связанные с его обработкой, хранением, транспортированием и внесением в почву [51]. Поэтому вопросы проектирования систем навозоудаления, последующий монтаж оборудования и соблюдение организационно-технологических мероприятий по его эксплуатации напрямую влияют на обеспечение комфортных условий для животных, эффективность производства и экономику производства молока.

Технологический процесс уборки навоза на фермах по производству молока можно разделить на следующие операции:

- уборка навоза внутри коровника вдоль стойл животных;
- сбор и подача навоза из коровника в накопитель;
- выгрузка навоза из коровника;
- транспортирование навоза к месту складирования;
- хранение навоза и подготовка его к использованию.

Одной из наиболее распространённых систем навозоудаления является механический способ, который заключается в использовании бульдозеров, а также скребковых и штанговых транспортёров. Применение механической системы требует соблюдения кратности навозоудаления. Она должна быть не менее 2-3 раз в сутки, в противном случае навоз и жижа задерживаются в помещении, создают антисанитарию, ухудшая качество воздушной среды.

Механическими мобильными средствами являются скреперные и бульдозерные устройства, навешенные на трактор. При уборке навоза бульдозером из помещений для боксового содержания животных

навозный проход должен иметь форму прямоугольного лотка шириной не менее 2200 мм и глубиной 200 мм. Пол проходов должен быть монолитным, толщиной не менее 180 мм из бетона марки не ниже 200 и иметь уклон 0,5 % в направлении транспортирования навоза. Для обеспечения беспрепятственного проезда агрегата по обе стороны от лотка должно быть оставлено свободное пространство шириной 200-250 мм.

Навоз перемещается за несколько проходов на площадку для временного хранения, расположенную в торцевой части здания. Устройство с трёх сторон площадки подпорной стенки исключает вероятность растекания и улучшает погрузку навоза. Для обеспечения необходимого санитарного состояния днище площадки должно быть выполнено с контруклоном 12° к коровникам.

Хронометражными наблюдениями в типовом помещении длиной 78 м установлено, что затраты времени на уборку навоза в одном навозном проходе составляют 2,6-3 мин., в кормонавозном проходе – 3,2-3,5 мин. Всего на разовую уборку навоза в одном коровнике затрачивается 13,1-14,5 мин.

Оценивая эффективность применения различных вариантов уборки навоза, следует учитывать, что использование механических мобильных средств связано с движением трактора в животноводческом помещении, а это приводит к охлаждению воздуха и загазованности помещения выхлопными газами. Подобная механизация удаления навоза создает вероятность получения травм животными и смешиванию разделенных на секции технологических групп, поэтому их приходится удалять из помещения на время уборки. Кроме того, В.Н. Дашков, В.О. Китиков отмечают, что бульдозерное удаление навоза не позволяет автоматизировать этот процесс, завязать его в единую систему автоматизации технологических процессов АСУТП фермы, требует больших затрат труда и жидкого топлива, способствует накоплению навоза, ухудшает качество содержания животных, а, следовательно, и качество молочного сырья [22].

У скреперной системы удаления навоза есть ряд преимуществ: отсутствует негативное влияние на животных шума, издаваемого трактором; устраняется возможность повышенного износа пола в животноводческом помещении. Нет здесь и такого отрицательного явления, как загазованность помещения выхлопными газами. Наконец, немаловажным является и то обстоятельство, что для работы трактора в коровнике приходится открывать ворота, которые остаются в таком состоянии в течение всего времени, необходимого для полной очистки помещения.

При правильном обустройстве индивидуальных боксов основная масса навоза накапливается в проходах. С пола проходов скребками скрепера навоз перемещается в поперечный канал, далее самотеком в

приемник насосной станции и оттуда насосами подается по трубопроводу в навозохранилище (рис. 26, вариант А).

Для очистки навозных проходов со сплошными полами используются скреперные роботизированные установки, которые обеспечивают сбор навоза с их поверхности и транспортировку всей этой массы к поперечному сборному навозному каналу. Автоматизированные навозоуборочные системы с гидравлическим, цепным или тросовым приводом, работают полностью в автоматическом режиме. Программное обеспечение системы управления установки позволяет настроить частоту проходов скрепера за 1 рабочий цикл, временные интервалы между циклами и другие параметры. Безопасная эксплуатация скрепера обеспечивается за счёт наличия функции его остановки при столкновении с препятствием. При этом запрограммированы следующие этапы поведения робота в этой ситуации: приостановка работы; повторение попытки возобновления работы и в случае невозможности дальнейшего продвижения подача сигнала об аварийной ситуации (световой, звуковой и по мобильной связи).

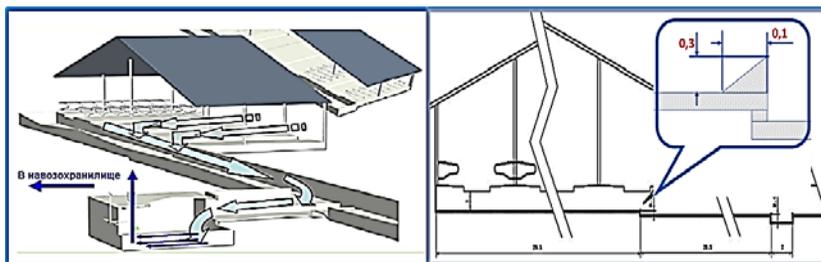


Рисунок 26 – Схема уборки навоза в широкогабаритных коровниках (а) и профиль пола поперечного канала навозоудаления (б)

Скреперные установки обеспечивают качественную уборку как бесподстилочного навоза, так и с подстилкой в виде опилок или измельчённой соломы. При этом количество вносимой подстилки должно обеспечивать влажность навоза в пределах 85-92 % и составлять 2-3 кг/сутки на одну условную голову [21].

Для уборки навоза с поверхности навозных проходов, оборудованных щелевыми полами, рядом производителей оборудования для молочных ферм и комплексов (SRone компания «GEA Farm Technologies», RS250 фирмы «DeLaval», JOZ-Tech фирмы «JOZ» и др.) предлагаются работающие в автономном режиме мобильные роботы. Основной задачей их является сбор и проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем [50].

Для очистки навозных проходов со сплошными полами используются роботизированные агрегаты, которые обеспечивают сбор навоза с их поверхности и транспортировку всей этой массы к поперечному сборному навозному каналу. Например, разработанный компанией Lely France робот для уборки навоза Lely Discovery 120 Collector (рис. 27) убирает жидкую суспензию навоза быстрее, чем скреперная установка. Робот предназначен для работы на сплошных твёрдых полах, он вмещает до 340 литров жидкой фракции фекалий, и навоз может быть удален менее чем за 2 минуты на насосной станции. Каждые два часа можно очистить площадь до 500 м². Эффективность очистки также повышается с помощью дополнительного источника воды. Применение робота обеспечивает повышение эффективности и экономию времени, улучшение состояния здоровья животных.



Рисунок 27 – Робот для уборки навоза Lely

На основе проведённых исследований Т.Н. Кузьмина отмечает, что несмотря на дополнительные затраты времени на подготовку роботов к работе (перепрограммирование, очистка и т. п.) их применение обеспечивает создание гигиенических условий, которые положительно влияют на здоровье животных и позволяют снизить затраты труда [44].

Вторым этапом процесса навозоудаления является эвакуация навозной массы, удалённой скреперами с проходов коровников, по поперечному каналу до временного приёмника насосной станции.

В поперечном канале, выполненном в виде бетонного лотка, для предотвращения возможности его «расслоения», при котором жидкая фракция стечёт по уклону, а оставшаяся твёрдая фракция присохнет к полу канала или примёрзнет к стенкам и дну, постоянно должно присутствовать некоторое количество жидкости. Для этого в районе сброса навоза из поперечного канала в предварительный накопитель, а также по длине канала пол выполняется уступом ориентировочно через каждые 20 м и устраивают порог в виде «зуба» для препятствия полного опустошения канала (рис. 26, вариант Б).

С целью предотвращения образования осадка система может быть оборудована рециркуляционными трубопроводами. Они обеспечивают подачу под давлением отстоявшейся жидкой фракции в торцовые части канала. На крупных фермах система может быть отлажена так, чтобы за 5 мин до сброса навоза скреперами в канале начинал работу насос, который нагнетает поток навоза из предварительного накопителя. При таком варианте эвакуации навоза из коровника в предварительный накопитель требуется обязательная синхронизация работы скрепера и нагнетающего потока насоса.

Один из самых распространённых способов автоматизировать и синхронизировать работу систем – установить временные датчики или таймеры включения смывающего насоса, согласованные с включением скреперных систем. Срабатывание автоматической системы можно запрограммировать не только по времени, но и по расстоянию, что является более надёжным.

Следующий этап эвакуации навоза – перекачка из приёмника насосной станции в лагуну (рис. 28). Для своевременной откачки в долговременное хранилище предварительный накопитель, где навоз может содержаться несколько дней, оборудуют датчиками уровня. Когда навозная масса доходит до верхнего датчика, должен автоматически включаться насос перекачки в лагуну, а также автоматически выключиться, чтобы оставить в приёмнике объём жидкого навоза, необходимый для работы системы. Из канализационно-насосной станции навоз перекачивается по трубопроводу в навозохранилища открытого типа. Насосы могут выполнять операции по перемешиванию, промывке поперечного канала навозоудаления и перекачке в навозохранилище или погрузке в транспортное средство.

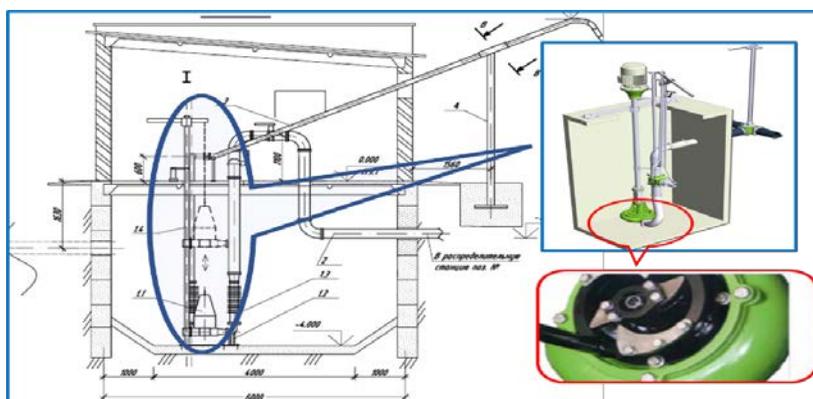


Рисунок 28 – Схема насосной станции

Если в процессе эксплуатации системы возможны случаи попадания длинностебельчатых остатков кормов в кормонавозный проход, то для исключения в дальнейшем наматывание их на рабочие органы необходимо предусматривать оснащение насосов дополнительным измельчающим оборудованием с ножом и противорежущей пластиной.

В соответствии с современными экологическими требованиями каждая ферма должна иметь навозохранилище. Для жидкого бесподстилочного навоза могут применяться как хранилища цилиндрической формы, изготавливаемые из сборных железобетонных или металлических конструкций, так и наземные полузаглублённые хранилища траншейного типа. Конструкция навозохранилищ зависит от консистенции навоза, грунта, уровня грунтовых вод. Их максимальный объём не должен превышать объёма навоза, выходящего с фермы в течение 6 месяцев.

Формирование микроклимата. В сложном комплексе факторов условий среды, воздействующих на организм, огромное значение в системе содержания животных имеет микроклимат помещений. Максимальная отдача от внедрения современных технологий может быть получена только при создании условий, обеспечивающих оптимальное взаимодействие животных с окружающей средой [68]. Комфортные условия содержания позволяют достичь равновесия между организмом животного и окружающей средой и тем самым получить наибольшее количество высококачественной животноводческой продукции при минимальных затратах материальных и трудовых ресурсов.

Микроклимат отражает близкую к животным окружающую среду, существенно влияющую на их продуктивность и благосостояние [5]. Совокупность её физических, химических и биологических факторов может влиять на животных как положительно, так и отрицательно. Если внешние факторы в виде погодных явлений неконтролируемые, но прогнозируемые, то внутренними можно управлять, создавая для животных комфортные условия жизнедеятельности [61].

Определяющими факторами микроклимата являются: температура воздуха и ограждающих конструкций внутри помещения; газовый состав, относительная влажность, запылённость, микробная обсеменённость воздуха; естественная и искусственная освещённость, подвижность воздуха и уровень звукового давления внутри помещения. Эти параметры сами зависят или являются производными от жизнедеятельности животных, работы машин, механизмов и аппаратов, обслуживающих помещение и животных.

Между организмом животного и воздушной средой существует постоянная связь. Организм животных может адаптироваться до определенных пределов путем изменения основных его физиологических процессов в системах кровообращения, дыхания, пищеварения,

терморегуляции, газообмена, обмена веществ и т. д., пока действие внешних раздражителей не превышает адаптивных возможностей организма, после чего у животных развиваются стрессовые реакции, способствующие снижению продуктивности.

Терморегуляция состоит из двух непрерывных процессов: образования тепла в организме животного за счет потребления кормов и его отдачи в окружающую среду. Часть тепла расходуется на постоянное поддержание различных функций жизнедеятельности животных, часть – выводится из организма.

Зависимость теплообразования организма от температуры окружающей среды можно разбить на четыре характерные температурные зоны. Зоны температур переохлаждения и перегрева являются критическими. При длительных воздействиях этих температур животные погибают. Зоны химического и физического терморегулирования обеспечивают нормальное физиологическое развитие животного.

Физическая терморегуляция связана только с сосудистой регуляцией тела при почти постоянном уровне обмена веществ. В этой связи зона физической терморегуляции является оптимальной.

Химическая терморегуляция связана с процессами регуляции теплопродукции и имеет решающее значение для жизнедеятельности организма при низких температурах. На основании работ, проведенных ранее, изучен процесс химической терморегуляции путем исследования процессов окислительного фосфорилирования. В зависимости от того, идет процесс сопряжения или разобщения дыхания и фосфорилирования, организм получает большее или меньшее количество энергии в виде тепла и тем самым может регулировать теплообмен на необходимом уровне. Источником энергии процессов окислительного фосфорилирования является корм.

Зона химического терморегулирования с экономической точки зрения является существенно важной. Здесь интенсивность теплопотерь и соответственно расход корма при снижении температуры возрастают, благодаря чему животному удается поддерживать температуру тела на постоянном уровне. Однако такая терморегуляция наименее экономична и не беспредельна.

По мере увеличения температуры в пределах зоны химической терморегуляции интенсивность теплопотерь и расхода корма падает, а в пределах некоторого диапазона ее обмен веществ остается на постоянном уровне. Температура окружающей среды, при которой обмен и теплопродукция находятся на постоянном (минимальном) уровне, называется зоной теплового безразличия, или индифферентной зоной. Нижнюю и верхнюю границы зоны теплового безразличия или термонейтральности принято называть критическими температурами.

Существует прямолинейная зависимость между температурой окружающей среды и потреблением корма. Снижение энергетической потребности при увеличении температуры за пределы зоны комфорта объясняется необходимостью для организма снизить теплопродукцию. Следовательно, уменьшение потребления корма сопровождается снижением той части теплопродукции, которая образуется при пищеварении. С другой стороны, увеличение энергетической потребности при понижении температуры ниже зоны комфорта в значительной мере обусловлено необходимостью выработки тепла для согревания.

Существенным моментом, значительно влияющим на жизнедеятельность организма животного, является участие в системе терморегуляции условно-рефлекторных механизмов адаптации организма к повторяющимся изменениям температурных условий внешней среды. Тем не менее резкие колебания температуры воздуха, выходящие за пределы термонейтральной зоны, вызывают значительные изменения в течение физиологических процессов в организме, ослабляют его защитные реакции, что приводит к увеличению заболеваемости и отхода животных, уменьшению их продуктивности, ухудшению оплаты корма продукцией и, в конечном итоге, к снижению экономических показателей по отрасли. В этой связи температура внешней среды должна рассматриваться не только как фактор, влияющий на физиологическое развитие животных, но и как экономический фактор, определяющий расход корма и себестоимость продукции.

Длительное воздействие высоких температур ведет к нарушениям терморегуляции и подчинению температуры тела и обмена веществ температурным условиям среды. При перегревании организма у животных угнетаются ферментативная, секреторная и моторная функции желудочно-кишечного тракта, снижаются гликенообразовательная и антитоксическая функции печени, повышается плотность и уменьшается рН крови, в организме накапливаются токсические продукты.

Выделяются следующие основные стадии адаптации организма к высокой температуре:

- стадия неустойчивой адаптации характеризуется выраженной стресс-реакцией, приводящей к увеличению теплопродукции, недостаточной эффективностью испарительной теплоотдачи, которая компенсируется вазодилатацией кожных сосудов;

- переходная стадия адаптации характеризуется тем, что интенсивность стресс-реакции уменьшается. Двигательное возбуждение сменяется уменьшением двигательной активности и ограничением количества потребляемой пищи. Уменьшается теплопродукция;

- стадия устойчивой долговременной адаптации формируется в естественных условиях жизни, когда имеется возможность избежать

непрерывного действия высокой температуры. Она характеризуется повышением порога чувствительности тепловых терморцепторов, укорочением латентного периода включения испарительной теплоотдачи, что говорит о наличии хорошо сформированного структурного следа. Следовательно, высокая температура окружающей среды создает значительные трудности для животных, что выражается в снижении возможности отдачи и рассеивания избыточного тепла, возникающего в результате отправления основных функций организма.

Низкая температура среды со стороны организма вызывает только защитные реакции, направленные к ограждению от охлаждения и сохранению внутренней температуры тела.

Снижение температуры окружающей среды приводит к увеличению теплообразования. В связи с этим усиливаются обмен веществ и окислительные процессы, повышается мышечный тонус, сопровождающийся дрожью. Эти явления приводят к лучшей поедаемости корма, активизации функций желудочно-кишечного тракта, эндокринной системы, биотонуса организма и повышению резистентности.

В условиях полноценного обильного кормления снижение температуры воздуха в определенном диапазоне тренирует организм, приспособляет его к неблагоприятным воздействиям внешней среды.

При длительном воздействии низкой температуры, когда отдача тепла превышает его образование, происходит переохлаждение организма. При этом понижается температура тела, пульс замедляется, дыхание становится поверхностным, отмечается гиперемия внутренних органов, нарушается кровообращение. Снижение температуры тела затормаживает выработку антител, фагоцитарную активность лейкоцитов, отрицательно сказывается на бактерицидных свойствах крови.

Выделяются четыре основные стадии адаптации организма к холоду. Первая, стадия неустойчивой адаптации, характеризуется выраженной стресс-реакцией, резким проявлением терморегуляторных реакций ограничения теплоотдачи и, в частности, спазмом периферических сосудов. Значительное увеличение теплопродукции происходит в этой стадии, главным образом, за счёт разобщения окисления и фосфорилирования в митохондриях, сократительного термогенеза в форме дрожи. Этот феномен может сопровождаться многочисленными повреждениями в форме отморожений конечностей, локальными некрозами сердечной мышцы и так далее. Вторая, переходная стадия, характеризуется тем, что интенсивность стресс-реакции уменьшается при избирательном сохранении таких важных для адаптации явлений, как гиперфункция симпатико-адреналовой системы и щитовидной железы. Одновременно в результате активации синтеза нуклеиновых кислот и белков начинает формироваться системный, структурный след в мышцах,

бурой жировой ткани, системах транспорта кислорода и субстратов окисления. В результате начинает увеличиваться теплопродукция и ресинтез АТФ, вклад регуляторного ограничения теплоотдачи в адаптацию уменьшается, то есть ограничивается вазоконструкция в периферических тканях. Уменьшается степень и вероятность повреждений организма, появляются признаки его поведенческой активности. Стадия устойчивой долговременной адаптации с большей вероятностью формируется при эволюционно-детерминированном периодическом действии холода, когда влияние этого фактора своевременно лимитировано поведенческими реакциями избавления и оказывается значительно менее вероятной при непрерывном действии холода. В результате роль ограничения теплоотдачи и сократительного термогенеза в адаптации существенно уменьшается, повреждения могут претерпевать обратное развитие, а поведенческая активность организма восстанавливается. При этом адаптация наиболее устойчива и выражена в условиях сочетания ограниченного периодического действия холода и физической нагрузки, то есть при таком сочетанном процессе, как периодическая двигательная активность на холоде. Четвёртая стадия истощения и патологического доминирования системы, ответственной за адаптацию, с наибольшей вероятностью развивается при непрерывном длительном и интенсивном периодическом действии этого фактора.

Решающим микроклиматическим фактором является не низкая температура, а влажность воздушной среды, оказывающая значительное влияние на теплоотдачу животных. Состояние относительной влажности воздуха в помещении может оказывать влияние на интенсивность испарения влаги из организма, на теплоемкость, теплопроводность и поглонительную способность воздуха.

Влажность воздуха влияет на организм животных, главным образом, изменяя процессы терморегуляции. Высокая относительная влажность (85 % и выше) отрицательно действует на теплоотдачу, как при высоких температурах окружающей среды, так и при низких.

В воздухе помещений для животных водяных паров, как правило, бывает больше, чем в атмосфере. Помимо влаги из атмосферного воздуха водяные пары поступают в помещения с пола, кормушек, поилок. В больших количествах они выделяются с поверхности кожи животного, со слизистой полости, а также с выдыхаемым животными воздухом. Длительное содержание животных в помещениях с высокой относительной влажностью воздуха сопровождается ухудшением аппетита, снижением усвоения питательных веществ, приростов массы.

При высокой относительной влажности воздуха (более 85 %) у животных затрудняется теплообмен испарением. В сочетании с высокой температурой в этих в этих условиях происходит перегревание

организма, тормозится обмен веществ, снижается продуктивность, резистентность, и отход молодняка увеличивается в 2-3 раза.

Сухой воздух переносится сельскохозяйственными животными значительно легче в широком диапазоне внешних температур. Однако слишком сухой воздух при относительной влажности 30-40 % и ниже вызывает резкое нарушение процессов терморегуляции. В этих условиях прекращается отдача тепла проведением, излучением и конвекцией, а усиливается испарением влаги. Большие потери воды через кожу и слизистые оболочки дыхательных путей и ротовой полости приводят к их высыханию, снижению бактерицидных свойств и общей резистентности всего организма. Это сопровождается беспрепятственным проникновением микрофлоры, что в конечном итоге может вызвать различные заболевания животных.

Одним из существенных факторов внешней среды, определяющим физическое состояние, является подвижность воздуха.

Влияние подвижности воздуха, как одного из наиболее динамичных показателей на клинико-физиологическое состояние организма, следует рассматривать в комплексе с температурой и влажностью воздуха.

Высокая скорость движения воздуха при низких температурах и высокой влажности увеличивает уровень теплоотдачи, что приводит к переохлаждению организма.

Увеличение скорости движения воздуха с 0,1 до 0,4 м/с равносильно понижению температуры на 50С, так как при этом быстрее происходит смена его слоев, непосредственно прилегающих к коже. Если температура воздуха ниже температуры кожи и буферного воздуха в волосяном покрове, то движение воздуха разрывает воздушную оболочку, холодная масса воздуха соприкасается с кожей и способствует усиленной отдаче тепла путем конвекции и испарения с поверхности кожи. Если температура воздуха выше температуры кожи, то теплоотдача конвекцией ослабляется или прекращается; в этих случаях, если влажность невысокая, усиливается отдача тепла испарением. При низких температурах и высокой влажности подвижность воздуха способствует усиленной теплоотдаче путем конвекции, теплопроводения и теплоизлучения.

Таким образом, при высоких температурах подвижный воздух предохраняет животных от перегревания, а при низких усиливает возможность переохлаждения.

Существует определенная температурная зона, в границах которой процессы теплопродукции и теплоотдачи имеют минимальное значение. Эта зона называется зоной теплового безразличия или температурой комфорта, в пределах которой животные проявляют максимальную продуктивность и расходуют на единицу продукции наименьшее количество корма. Известно, что для крупного рогатого скота

термонеutralная зона довольно широкая. Коровы чувствуют себя комфортно в широком диапазоне температур от +15 до -15 °С, если места для отдыха защищены от ветра и осадков, удобные и сухие. Нижней границей термонеutralной зоны для дойных коров можно считать -27 °С. Пределы отклонений температуры, выход за границы которых отрицательно отражается на жизнедеятельности, определены не только для каждой половозрастной группы животных, но и выявлена градация зоны термической нейтральности для животных с различным уровнем продуктивности. Наибольший дискомфорт испытывают животные при повышении температуры и влажности воздуха. Реакция коров на тепло проявляется уже при температуре фермы, превышающей +20 °С, а при температуре выше окружающей среды от +20 до +30 °С животные потребляют в 1,5 раза меньше сухой массы и производят на 3-5 кг меньше молока в сутки.

По степени влияния на продуктивность микроклимат помещений уступает только влиянию породы и кормления. Например, при удое 8000-10000 кг, потери молока из-за нарушения условий содержания могут составить 1000-1500 кг на корову в год [17]. Однако и по сей день воздухообмен в помещениях рассчитывают по нормативам, которые практически не учитывают биологическую активность животных и их отходов, специфические биолого-ветеринарные, теплофизические, технологические и энергетические требования к современным системам обеспечения микроклимата. Как следствие, непредвиденные отклонения реальных параметров воздушной среды от расчётных и необоснованное превышение энергопотребляющих мощностей, так же, как и активное внедрение новых зарубежных технологий и оборудования без учёта климатических особенностей регионов создаёт проблемы в работе вентиляционных систем [90].

Необходимый воздухообмен зависит не только от продуктивности, но и живой массы коров. При ненормируемой температуре воздуха, лимитирующими факторами выступают минимальный объём воздуха на 100 кг живой массы – 70 м³ и максимально допустимая скорость движения воздуха – до 0,5 м/с зимой и 1 м/с летом. Сквозняки, то есть движение воздуха с большой скоростью, вызывают переохлаждение животных. Превышение этой скорости на 1 м/с соответствует падению температуры в помещении на 3-4 °С для животных с короткой шерстью (табл. 9). В среднем, корове необходимо 328 мл кислорода на 1 кг массы тела в час. При уменьшении его количества во вдыхаемом воздухе до 15 % у них углубляется дыхание, ускоряются сердечные сокращения и ослабляются окислительные процессы. Все эти недостатки снижают потребление корма, а значит и продуктивность.

Таблица 9 – Зависимость необходимого воздухообмена от продуктивности животных

Продуктивность коров (кг на корову/год)	Необходимая производительность вентиляции (м ³ на корову/час)
5000	40,4
6000	43,4
7000	46,4
8000	49,5
9000	52,5

Корова ежедневно выдыхает 30 л воды – это способствует образованию влажности + «отработанный» воздух должен быть выведен из коровника. При одновременном нахождении в коровнике, например, 300 голов животных в сутки образуется 9 тонн воды, которую необходимо удалить из помещения (вентиляция, открытые окна, двери, проёмы в крыше).

Микроклимат – это не только физическая, экологическая, но и экономическая категория, ибо создание нормируемых показателей среды обитания животных требует определённых затрат материальных, финансовых и трудовых ресурсов. На создание устойчивой, соответствующей биологическим требованиям животных среды обитания расходуется до 72 % тепловой и электрической энергии от общего потребления на производственные цели. Энергозатраты в себестоимости производимой продукции составляют 19-24 % [37]. При несоблюдении необходимых условий микроклимата уменьшается втрое срок службы животноводческих зданий и технологического оборудования, увеличиваются затраты на их ремонт, наносится ущерб здоровью людей, работающих на фермах, и уменьшается производительность труда. Поэтому, как и любая экономическая категория, должна быть оптимизирована на основе экономического критерия – получения максимального количества животноводческой продукции при минимальных затратах.

Нарушение нормативных параметров микроклимата приводит к снижению молочной продуктивности коров на 7-8 % и увеличению потребления кормов на единицу продукции до 25-30 % [19].

Целью наших исследований явилось изучение показателей микроклимата и комфортности условий содержания коров в животноводческих помещениях с различными конструктивными решениями в разные сезоны года.

Исследования проведены в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области на МТК «Березовица» (здания из металлоконструкций с утепленной кровлей) и МТФ «Жажелка» (одно здание из сборных полурамных железобетонных конструкций и одно здание из металлоконструкций без утепления кровли).

Содержание дойных коров на всех вышеперечисленных объектах групповое, беспривязное, боксовое, с организацией отдыха в индивидуальных боксах. Здания коровников – с нерегулируемым микроклиматом. В коровниках принято шестирядное расположение боксов с одним кормовым столом, размещенным в центральной части здания. Между рядами боксов предусмотрены два навозные и два кормонавозные проходы. Поголовье животных разделено на четыре изолированные группы (секции). Поение дойного стада осуществляется водой питьевого качества из групповых опрокидывающихся поилок с установкой системы подогрева. Доеение коров предусмотрено в доильно-молочном блоке. Кормление животных проводится по рационам в соответствии с нормами кормления, применяемыми в хозяйствах. Раздача кормов производится с помощью мобильных кормораздатчиков-смесителей на кормовой стол.

Микроклимат в зимний период в исследуемых зданиях из металлоконструкций с утепленной кровлей наиболее оптимальный по сравнению со зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций и зданиями из металлоконструкций без утепления кровли (табл. 10).

Таблица 10 – Микроклимат животноводческих зданий в зимний период

Показатели	Тип зданий		
	Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	Здания из металлоконструкций	Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей
Торцевая часть зданий			
Температура воздуха, °С	-7,6	-8,7	-4,1
Влажность воздуха, %	92,4	94,6	77,3
Скорость движения воздуха, м/с	0,16	0,31	0,23
Центральная часть зданий			
Температура воздуха, °С	-8,8	-9,1	-5,6
Влажность воздуха, %	93,8	95,2	83,9
Скорость движения воздуха, м/с	0,31	0,34	0,32

Снижение температуры и повышение влажности воздуха значительно увеличивают его теплопроводность и теплоемкость, что приводит к большой потере тепла животными. Температура поверхности кожи у коров в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций составила при данных параметрах микроклимата 15,4 °С, в зданиях

из металлоконструкций без утепления кровли – 15,2 °С, в то время как в зданиях из металлоконструкций с утепленной кровлей при более оптимальных условиях микроклимата она равнялась 19,6 °С или соответственно на 4,2 и 4,4 °С выше.

Наблюдение за поведением животных при реализации ими основных процессов жизнедеятельности, показало, что животные более комфортно чувствуют себя в зданиях из металлоконструкций с утеплением кровли (табл. 11). Связано это с наиболее оптимальными показателями температурно-влажностного режима. В зданиях из металлоконструкций без утепления кровли и из сборных полурамных железобетонных конструкций наблюдается увеличение времени приема корма с целью восполнения животными количества тепла, увеличение времени на передвижение и, следовательно, сокращение времени на их отдых в боксах.

Таблица 11 – Результаты хронометражных наблюдений в зимний период

Тип зданий	Затраты времени животными по видам деятельности, %			
	кормится	стоит	лежит	двигается
Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	24,2	33,7	23,9	18,2
Здания из металлоконструкций	26,6	29,7	23,6	20,1
Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей	23,9	32,5	24,5	19,1

Относительная влажность воздуха в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций в переходный период составила в торцевой части здания 77,1 %, в центральной части здания – 79,3 %, что на 4,9-6,3 % и на 2,9-4,3 % соответственно выше, чем в зданиях из металлоконструкций (табл. 12).

Температура воздуха в исследуемых животноводческих зданиях находилась практически на одном уровне: в торцевой части помещения в пределах 6,3-8,1 °С, в центральной части – 6,7-8,7 °С. Разница по скорости движения воздуха также была не существенной.

Температура поверхности кожи у коров находилась практически на одном уровне, как в зданиях из металлоконструкций, так и в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций и составила за период исследований от 27,8 до 29,4 °С.

Освещенность кормового стола в торцевой и центральной части здания соответствовала физиологическим потребностям животных во всех изучаемых вариантах объёмно-планировочных и конструктивных решений.

Таблица 12 – Микроклимат животноводческих зданий в переходный период

Показатели	Тип зданий		
	Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	Здания из металлоконструкций	Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей
Торцевая часть зданий			
Температура воздуха, °С	7,4	6,3	8,1
Влажность воздуха, %	77,1	72,2	70,8
Скорость движения воздуха, м/с	0,36	0,44	0,42
Центральная часть зданий			
Температура воздуха, °С	7,6	6,7	8,7
Влажность воздуха, %	79,3	76,4	75,0
Скорость движения воздуха, м/с	0,29	0,41	0,38

Наблюдение за поведением животных при реализации ими основных процессов жизнедеятельности, показало, что животные более комфортно чувствуют себя в зданиях из металлоконструкций. Связано это с наиболее оптимальными показателями влажностного режима в данных животноводческих зданиях (табл. 13).

Таблица 13 – Результаты хронометражных наблюдений в переходный период

Тип зданий	Затраты времени животными по видам деятельности, %			
	кормится	стоит	лежит	двигается
Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	23,8	31,2	24,4	20,6
Здания из металлоконструкций	25,4	29,5	26,1	19,0
Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей	25,2	29,1	26,9	18,8

Температура воздуха в зданиях из металлоконструкций без утепления кровли в летний период составила в торцевой части здания 29,1 °С, в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций – 29,4 °С, что на 1,6 и 1,9 °С выше по сравнению со зданиями из металлоконструкций с утепленной кровлей (табл. 14).

В центральной части здания разница по температуре воздуха составила, соответственно, 1,6 и 1,2 °С. Наивысшая относительная влажность воздуха отмечена также в зданиях из металлоконструкций без утепления кровли и из сборных полурамных железобетонных конструкций.

Таблица 14 – Микроклимат животноводческих зданий в летний период

Показатели	Тип зданий		
	Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	Здания из металлоконструкций	Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей
Торцевая часть зданий			
Температура воздуха, °С	29,4	29,1	27,5
Влажность воздуха, %	52,2	53,1	50,3
Скорость движения воздуха, м/с	0,11	0,42	0,46
Центральная часть зданий			
Температура воздуха, °С	29,5	29,9	28,3
Влажность воздуха, %	57,5	55,2	50,7
Скорость движения воздуха, м/с	0,07	0,43	0,44

В торцевой части этих здания данный показатель составил 53,1 и 52,2 % или на 2,8 и 1,9 % соответственно выше, чем в зданиях с утепленной кровлей, в центральной части здания разница по относительной влажности составила 4,5 и 6,8 %. Причиной этому послужило отсутствие утепления кровли в зданиях. В здании из сборных полурамных железобетонных конструкций была отмечена недостаточная подвижность воздушных масс: в торцевой части здания она составила 0,11 м/с, в центральной – 0,07 м/с. В зданиях из металлоконструкций скорость движения воздуха была на уровне 0,42-0,46 м/с.

Благодаря движению воздуха по помещению вместе с температурой и его влажностью в зданиях из металлоконструкций с утеплением кровли в летний период создавались более комфортные условия для процессов жизнедеятельности животных. Так, в процессе движения воздух сменяет нагретую воздушную оболочку вокруг тела и оказывает охлаждающее действие, вызывая снижение температуры сначала на поверхности волосяного покрова, затем в толще его и на поверхности кожи (конвективная теплопередача). При этом усиливается отдача тепла и за счет испарения. Таким образом, при высоких температурах подвижный воздух предохраняет животных от перегрева.

Температура поверхности кожи у коров находилась практически на одном уровне, как в зданиях из металлоконструкций, так и в зданиях из сборных полурамных железобетонных конструкций и составила за период исследований от 32,1 до 33,7 °С.

Наблюдение за поведением животных при реализации ими основных процессов жизнедеятельности, показало, что животные в летний

период более комфортно чувствуют себя в заданиях из металлоконструкций с утеплением кровли (табл. 15).

Таблица 15 – Результаты хронометражных наблюдений в летний период

Тип зданий	Затраты времени животными по видам деятельности, %			
	кормится	стоит	лежит	двигается
Здания из сборных полурамных железобетонных конструкций	24,0	32,7	24,2	19,1
Здания из металлоконструкций	23,9	32,5	24,5	19,1
Здания из металлоконструкций с утепленной кровлей	24,3	28,5	29,8	17,4

Коровы на МТК «Березовица» свободно и охотно поедали корм, с большим промежутком времени подходили к поилкам. Благодаря оптимальному режиму работы систем вентиляции и микроклимата в зданиях из металлоконструкций создаются комфортные условия для отдыха животных в боксах. Поэтому на данном комплексе за весь период наблюдений не было выявлено конфликтных ситуаций и борьбы между животными за место отдыха в боксах.

На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. В зимний и летний периоды исследования показателей микроклимата животноводческих помещений показали, что в зданиях из металлоконструкций с утеплением кровли обеспечиваются более комфортные для животных условия жизнеобеспечения по сравнению с обследованными животноводческими зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций и зданий из металлоконструкций без утепления кровли.

2. Исследования показателей микроклимата животноводческих помещений в переходный период показали, что в данный период в зданиях из металлоконструкций обеспечиваются более комфортные для животных условия жизнеобеспечения по сравнению с обследованными животноводческими зданиями из сборных полурамных железобетонных конструкций.

На современных крупных молочно-товарных комплексах обеспечение благоприятного микроклимата для поддержания здоровья и реализации потенциала продуктивности животных, а также для сохранения строительных материалов и конструкций зданий осуществляется за счёт естественной или принудительной системы вентиляции, элементами

которой могут быть вентиляционные шторы различного типа, вентиляционный конёк, вентиляторы. Важно также правильно организовать движение воздушных масс. Вытяжная вентиляция в летний период осуществляется в основном за счёт поперечного перемещения свежего и отработанного, загрязнённого воздуха через частично открытую продольную стенку (рис. 29). Поскольку наибольший объем загрязнённого воздуха удаляется через проём продольной стены с подветренной стороны здания, то для эффективной работы системы вентиляции существенное значение имеет размер приточных и вытяжных проёмов в стенах коровников.



Рисунок 29 – Схема движения воздуха в летний период

Объём поступающего воздуха регулируется изменением сечения приточных проемов с помощью специальных штор из полимерной материалов (рис. 30). Прозрачная ткань обеспечивает не только доступ воздуха, но и света, что особенно важно при безвыгульном содержании животных. Процесс открывания и закрывания осуществляется вручную, полуавтоматически или автоматически с помощью климат-контроля. Дополнительно со шторами устанавливаются ветрозащитные сетки и сетки от птиц (рис. 30, вариант А). В качестве альтернативы сворачивающимся шторам может применяться система подъемных окон из двухкамерного прозрачного поликарбоната (рис. 30, вариант Б). Эффективно регулируя объём приточного воздуха и обеспечивая дополнительную освещенность, в зимнее время они выполняют также функцию теплоизолятора. Панели из поликарбоната могут перекрывать как разделённые окна, так и сплошные вентиляционные проёмы в продольных стенах. Одинарные подъемные окна и жёсткие шторы из одной плиты поликарбоната управляются одним приводом но могут обеспечивать открытие боковой стены только на 50 % от уровня земли. Обычно этого

вполне достаточно для поступления требуемого количества свежего воздуха в помещения для дойных коров. Открывать просвет боковой стены до 2/3 высоты позволяет конструкция из двух, заходящих один за другой, поликарбонатных листов. В этом случае также достаточно одного привода на каждые 150 м вентиляционных проёмов стен. Эффективное сохранение теплового баланса помещений при одновременном использовании принципов автоматического управления воздухообменом позволяет применение надувных штор типа «Люмитерм», изготавливаемых из надувных гибких труб, соединённых между собой (рис. 30, вариант В). При надувании прозрачные пластиковые трубы образуют полностью закрытую стену с превосходными теплоизоляционными характеристиками. Трубы надуваются вентилятором с низким энергопотреблением. «Люмитерм» выпускается различных типоразмеров, в зависимости от высоты оконного проёма. Применение мультистены в системе надувных штор, образованной W-образной мембраной, между внешней и внутренней поверхностями, позволяет создать уникальную вентиляционную стену с многочисленными теплоизолирующими ячейками. Теплоизолирующий барьер мультистены минимизирует передачу тепла от тёплой внутренней стенки к холодной внешней.



Рисунок 30 – Варианты установки штор на приточных вентиляционных проёмах

В холодное время года основная часть отработанного воздуха удаляется через конёк (рис. 31). Требуемая площадь проёма составляет 0,15 м² на одну корову. Опыт показывает, что длина открытого конька должна соответствовать длине помещения между торцовыми стенами, а требуемая ширина этого проёма может быть определена как 1/60 ширины коровника. Например, в коровнике шириной 24 м щель в коньке крыши должна быть шириной 40 см. Для защиты от осадков европейские фирмы закрывают вентиляционную щель сверху вентиляционно-световым коньком из прозрачного пластика. Перекрытый светопроницаемой пластиной проём препятствует переохлаждению помещения при продольном направлении ветра, а скользящий по поверхности конька боковой воздушный поток эффективно удаляет воздух из коровника. В районах, где бывают обильные снегопады, с таких коньков

необходимо регулярно счищать снег. Иначе возможны повреждения конструкций из-за перегрузки, так как на них под влиянием, выходящего из помещения тепла образуется тяжёлая наледь.

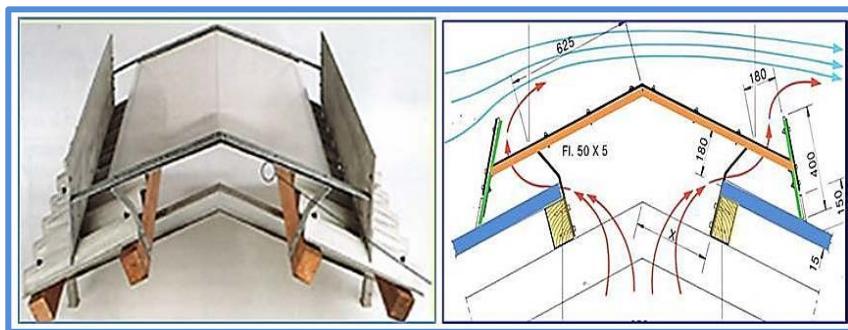


Рисунок 31 – Схема светоаэрационного конька

Большая проблема при управлении вентиляции на ферме заключается в том, что многие пытаются обогреть ферму отданным теплом животных. Но это тепло уже существует: оно соотносится с высокой влажностью воздуха, микробами, аммиаком, диоксидом углерода и немного с кислородом. Следовательно, проём штор необходимо так регулировать, чтобы в час соблюдалось минимум 4 проветривания, а температура понижалась незначительно, чтобы техника функционировала бесперебойно. Такое точное регулирование на больших фермах происходит с помощью климат-контроля. Эта автоматика должна быть согласована с требованиями так называемой фермы холодного содержания, ветер и температура учитываются одинаково в расчёте оптимальной степени проёма.

Система боковых штор обеспечивает естественную вентиляцию воздуха, которая происходит от разницы температур снаружи и внутри коровника. Открытие боковых стен даёт возможность быстрому оттоку отработанного и притоку свежего воздуха. Система автоматического управления вентиляцией в коровниках определяет с учётом давления ветра и температуры снаружи коровника оптимальный просвет открытия штор и клапанов конька. Отверстие всегда остаётся максимальным для данного периода, чтобы оптимально обеспечить коров свежим воздухом. Заданное давление ветра, температуру и величину отверстия можно изменять (рис. 32). Все перечисленные компоненты системы естественной вентиляции необходимы для успешного круглогодичного ее действия, как в новых, так и в реконструированных зданиях. Хорошая естественная вентиляция в «холодном» коровнике – следствие правильного проектирования, правильного местоположения, правильного

строительства, правильного управления. Исправить естественную вентиляцию здания, если она не функционирует должным образом, сложно и дорого. Иногда единственное решение – заменить её механической вентиляцией.

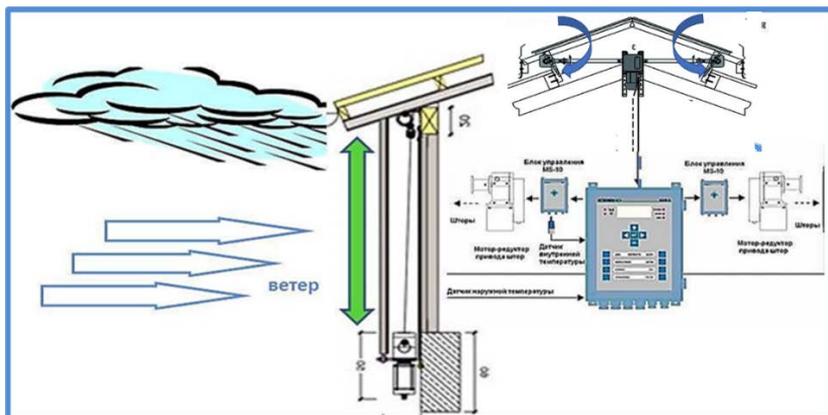


Рисунок 32 – Система автоматического управления системой вентиляции

Вентиляция с механическим побуждением притока и вытяжки воздуха по сравнению с установками, работающими на естественной тяге, имеет ряд преимуществ:

1. Приточный воздух можно подвергать любой обработке – нагревать, охлаждать, сушить, подавать в определённые зоны помещения и легко регулировать его объём.
2. Работа принудительной вентиляции не зависит от наружных условий.

К вентиляционным устройствам с механическими побудителями обычно предъявляются следующие требования:

- обеспечение необходимого воздухообмена применительно к различным зонам и сезонам года (за счёт регулирования мощности установки, числа вентиляторов или изменения скорости вращения вентиляторов);
- максимальная простота конструкции и надёжность эксплуатации в хозяйственных условиях;
- возможность блокировки с системами отопления и автоматики;
- бесшумность работы.

Если летом дневная температура превышает 20 °С, коровы нуждаются в дополнительном активном охлаждении. Такое охлаждение создаётся с помощью циркуляционных вентиляторов. Используются вентиляторы диаметром от 0,6 до 2 м, приводимые в движение

непосредственно или с наличием клиновых ремней. Расположенные вертикально вверх относительно коров они перемещают поток воздуха вдоль фермы (рис. 33).



Рисунок 33 – Схема размещения циркуляционных вентиляторов

Вентиляторы вешаются на типичных шестирядных фермах над двойным рядом и у кормового стола. Расстояние между ними зависит от возможного радиуса действия и мощности вентилятора. Обычный промежуток – от 12 до 18 м. Лёгкий наклон на $5-10^\circ$ способствует хорошему обтеканию животных воздухом.

Чем меньше вентилятор, тем больше должна быть скорость воздуха, чтобы на расстоянии более 10 м можно было ощущать его воздействие. Для большой скорости потока воздуха необходимо большее потребление электроэнергии на движущийся объем воздуха от 6 до 7 м/с. Ветер в летнее время года не причиняет вреда ни одной корове, а для достижения охлаждающего эффекта будет достаточно скорости 1-2,5 м/с.

Вентиляторы настраиваются с помощью трансформаторов или преобразователей частоты, но часто они устанавливаются только на режим включения и выключения по причине экономии средств. Эти вентиляторы очень гибки в использовании, даже небольшие участки фермы с низким качеством проветривания могут планомерно оснащаться вентиляторами. Недостатком такой системы является относительно высокий расход энергии, поскольку большое количество двигателей, исходя из собственных потребностей, означает также немалое потребление энергии. Большая скорость воздуха вызывает также повышенный уровень шума.

Ещё одна возможность – гипербольшие потолочные вентиляторы, снабжающие здание фермы свежим бризом (рис. 34). При этом вентиляторы диаметром от 4 до 7 м монтируются на ферме и обеспечивают

циркуляцию воздуха. Поток воздуха, направляемый вертикально вниз, собирается на полу и отклоняется во все стороны. Горизонтальный ветер, образуемый при этом, приносит животным прохладу. Скорость движения воздуха при этом – 1-2,5 м/с.

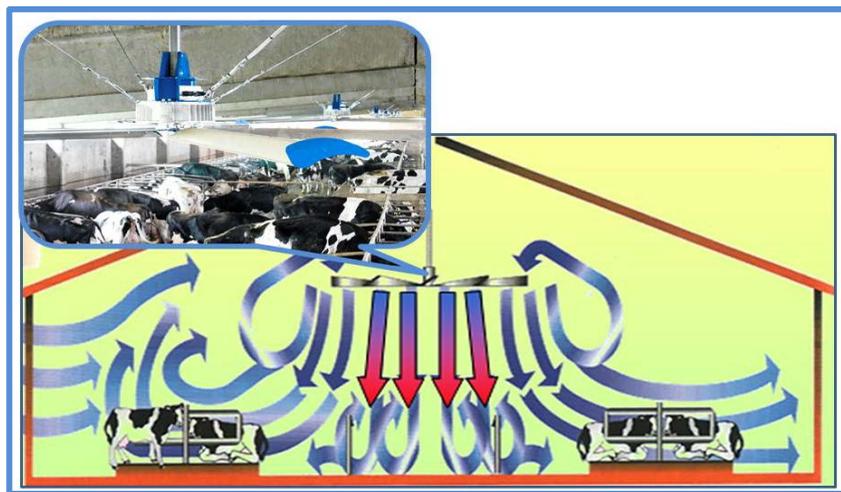


Рисунок 34 – Принцип действия потолочного вентилятора

Низкое число оборотов (40-90 об./мин) способствует энергосбережению. Мощность редукторного двигателя у горизонтального потолочного вентилятора приблизительно такая же, как и у малого вертикального циркуляционного вентилятора, но крупных потолочных агрегатов нужно гораздо меньше, чем малых циркуляционных.

При использовании этих вентиляторов весь воздух фермы начинает циркулировать, чего не наблюдалось в случае с висячими малыми циркуляционными вентиляторами. Существует и ряд других преимуществ: тёплый воздух помещения вообще не собирается под крышей; птицы и насекомые избегают вертикального движения воздуха и не надоедают животным; уровень шума снижается из-за низкой частоты вращения лопастей. Если большие вентиляторы оснащены бесступенчатым управлением, их эксплуатация возможна также и в зимний период года. Имея более низкое число оборотов, вентиляторы оттесняют нагретый животными воздух обратно вниз.

На крупных молочных фермах коровы продолжительное время находятся на преддоильных площадках, ожидая очереди на доение. Результаты исследований показывают, что в летний период у находящейся здесь коровы температура тела может подняться на 1,7 °С в течение 20 мин. Если же установлена система мелкодисперсного орошения,

то температура коров останется неизменной или понизится. Это, конечно, отражается и на надоях: суточный надой молока дойных коров увеличивается на 0,8 л/корову после установки оросительной системы.

Расположение вентиляторов в преддоильной площадке зависит от размера, точнее ширины, помещения. В малых загонах с максимальной шириной до 7,5 м необходимо установить несколько маленьких вентиляторов (в среднем 75-90 см). Вентиляторы устанавливаются на внешней стене с доступом к свежему воздуху с дистанцией от 1,8 до 2,4 м друг от друга. Они нагнетают свежий воздух и прогоняют его поперёк. На больших преддоильных площадках, где могут разместиться до 60 коров, поперечное вентилирование не позволяет достигать желаемого эффекта. Здесь будет иметь смысл подвесить вентиляторы поперёк помещения в несколько рядов (интервал – от 6 до 9 м). При этом необходимо проследить, чтобы вентиляторы обдували коров (угол наклона от 15 до 30 °), а также чтобы поток воздуха обдувал коровам головы (от доильного станка). Кроме того, необходимо открыть вентиляционные отверстия в коньке крыши и боковых стенах, чтобы тёплый воздух мог быстрее выходить наружу. Необходимое количество вентиляторов зависит от площади пола загона для ожидания. На каждые 10 коров или 5 м² площади должно приходиться по одному вентилятору.

Освещение в коровниках. Свет играет очень важную роль в обмене веществ животных. Он воспринимается сетчаткой глаза и влияет на производство мелатонина. Этот гормон является ключом для «внутренних часов» и распределяется в организме в зависимости от продолжительности дня и ночи. Свет препятствует производству этого гормона, абсолютная темнота активирует его. Чем меньше мелатонина, тем больше пролактина и IGF-1, инсулиноподобных факторов роста, которые играют важную роль в производстве молока. Свет воспринимается также и кожей – он отвечает за образование витамина D. Витамин D важен для образования новой костной ткани, пополнения организма кальцием и фосфором и соответственно для обмена веществ, нервной системы и опорно-двигательного аппарата. При воздействии света наблюдается быстрый рост и раннее половое созревание молодняка. Так, в увеличение продолжительности светового дня до 16-ти часов в сутки преимущественно в осенне-зимний период, приводит к росту молочной продуктивности на 8 %. Дальнейшее увеличение продолжительности светового дня не дает позитивных результатов, а ведёт лишь к увеличению затрат на электроэнергию. Эффект повышения продуктивности от увеличения продолжительности светового дня до 16 часов наступает не сразу, а только через 2-4 недели. При этом коровы дольше активны и чаще потребляют корм, потребление корма возрастает на 6-8 %. Состав молока же остаётся без изменений. Кроме того, установлено, что для

сухостойных коров оптимальной является продолжительность светового дня 8 часов с последующим периодом 16 часов темноты. Недостаток света приводит к глубоким, часто необратимым качественным изменениям в половых железах у растущих животных, а у взрослых животных снижает половую активность и оплодотворяемость или вызывает временное бесплодие, значительно снижается продуктивность и сопротивляемость к болезням [24]. Установлено, что у коров в неосвещённом помещении удой и содержание жира в молоке ниже, чем в помещении с нормальным освещением [8].

Определяющей для воздействия света на организм животного является величина освещённости. Она должна составлять у поилок и кормового стола от 200 до 300 лк (в качестве единицы освещённости в системе СИ принят люкс (лк), $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$ (лм = люмен), а в боксах для отдыха лактирующих коров на уровне головы около 200 лк. Величина освещённости уменьшается пропорционально квадрату удаления от точечного источника света.

Добиться увеличения освещённости в коровниках можно с помощью прозрачных панелей, монтируемых в кровельном покрытии без утепления. Однако кровельные панели могут влиять на нагревание коровника. При наличии конька воздух хотя и нагревается, но выводится сразу же через его проемы. В том случае, если падение света происходит в верхней средней части коровника, достигается лучшее распределение света по зданию. Высокие боковые проемы также способствуют проникновению света в коровник при наличии прозрачных штор. Однако в утренние и вечерние часы, а также в зимнее время года необходимо искусственное освещение.

Положительный эффект от света достигается в том случае, если:

- освещённость достигает минимум 160-200 лк;
- интенсивность света распределяется равномерно;
- соблюдается суточный ритм 16-часового освещения в дневном режиме, и 8-часового – в ночном;
- животным сухостоя предоставляется «зимнее время», 8-часовое освещение в дневном режиме и 16-часовое – в ночном.

Специальные эксперименты убедительно показывают, что целенаправленная программа по освещению способствует повышению надоев молока в среднем 2,5 кг в день. Повышение надоев молока заметно уже спустя 3-4 недели, хотя эти показатели могут сохраняться продолжительное время, когда корова во время сухостоя может позволить себе более длительные фазы ночного режима. Животные сухостоя должны содержаться в отдельном помещении.

Наряду с положительным влиянием освещённости на здоровье и продуктивность животных необходимо во всех случаях учитывать

вопросы обеспечения безопасности труда обслуживающего персонала. Свет оказывает влияние также на качество выполнения работ, как в коровнике, так и на доильной установке. Освещение помещений должно по возможности осуществляться за счёт естественного освещения. Поэтому при планировании новых и реконструкции старых помещений необходимо обращать внимание, чтобы через световые проемы в коньке крыши и боковых стен во все участки коровника проникало как можно больше естественного света. Соотношение площади светового проёма к площади поверхности пола должно быть не менее 1:10 – 1:15. Измерения освещённости с помощью люксметра показали, что в дневное время в летний период в современных помещениях холодного содержания требуемая освещённость обеспечивается, а в солнечные дни в обеденные часы даже превышает требуемые нормы (табл. 16).

Таблица 16 – Освещённость в коровнике, телятнике и родильном отделении

Отделения	Освещённость		Рекомендуемая освещённость, лк
	Зима, лк	Лето, лк	
Родильное (зона отдыха)	1 - 1559	1 - 3187	200
Телятник (боксы)	1 - 856	4 - 1350	200
Коровник:			
- боксы для отдыха	1 - 884	1 - 2750	200 - 300
- кормовой стол	2 - 1098	5 - 2773	200 - 300
- проходы	2 - 865	13 - 2027	200 - 300
- поилки	3 - 850	5 - 1870	200 - 300
- станок ветобслуживания	108 - 812	64 - 950	1000

В переходный и зимний периоды освещённость в утренние часы и её продолжительность вследствие короткого светового дня недостаточны. Всё это может наряду с уменьшением продуктивности животных привести к снижению производительности труда и повышению риска несчастных случаев. В темноте или при плохой видимости затруднено определение периода прихода животных в охоту и контроль за отёлом, невозможным становится надлежащее обслуживание животных.

Равномерность искусственного освещения в животноводческих помещениях обеспечивает общая система освещения. Общее освещение может быть выполнено с равномерным или локализованным размещением светильников. В сельскохозяйственных помещениях для содержания животных используют рабочий и дежурный вид искусственного освещения. Дежурное освещение предназначено для периодического контроля в нерабочее время за состоянием животных и безопасного движения дежурного персонала в проходах и коридорах. Светильники дежурного освещения выделяются из числа светильников общего

освещения. В помещениях, предназначенных для содержания животных, они должны составлять 10 % от общего числа светильников. В основном используются маломощные лампы красного света (мощностью не более 10 Вт). Для оценки величины искусственной освещённости пользуются методом прямой люксметрии и, сравнивая полученную освещённость с нормативами, делают вывод о её достаточности.

При выборе светильников учёт их слепящего действия осуществляется по показателю ослеплённости, который нормируется и сравнивается с фактическим показателем ослеплённости. Но на практике при проектировании осветительных установок в связи с трудностью расчёта данного показателя эта характеристика учитывается косвенно минимально допустимой высотой подвеса светильников. В коровниках светильники можно размещать на высоте от 2,5 до 4 м. Важно также и расстояние между светильниками, так как вместе с высотой расположения светильников обеспечивается однородная интенсивность света с минимальной тенью.

При гигиенической оценке искусственного освещения помещений необходимо знать характеристику светильников. Светильниками называют осветительные приборы, состоящие из осветительной арматуры и источника света. Для защиты глаз от чрезмерной яркости, предохранения источника от механических повреждений и загрязнения, рационального распределения светового потока, идущего от источника света любого вида, а также для крепления его и подведения к нему электрического тока применяется осветительная арматура. Светильники могут быть с рефлекторами и рефракторами (рассеивающими линзами) для произведения различного светового эффекта. Светильники с рефлектором за лампой и рассеивающей линзой (рефрактором) испускают больше света вниз. Светильники, имеющие только рассеивающие линзы (только рефрактор), освещают большую площадь.

Выбор типа светильника осуществляется по конструктивному исполнению, требованиям к характеру светораспределения и ограничения слепящего действия, экономической целесообразности. Конструкция и вид исполнения светильников должны соответствовать номинальному напряжению сети. Конструктивное исполнение светильника в значительной степени определяется уровнем защиты его от воздействия окружающей среды. Различают светильники открытые, защищённые, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащищённые, взрывозащищённые, взрывобезопасные. Для освещения помещений с высокой концентрацией влаги и пыли (коровники, телятники) рекомендуется применение светильников со степенью защиты не ниже IP22.

Светораспределение светильников определяется классом и типом кривой силы света. В зависимости от того, какой процент всего

светового потока направлен в нижнюю полусферу, светильники бывают пяти классов: прямого света П (при потоке в заданном направлении более 80 %); преимущественно прямого света Н (60-80 %); рассеянного света Р (40-60 %); преимущественно отражённого света В (20-40 %) и отражённого света О (менее 20 %). Каждый тип КСС отличается собственной зоной направленности, которая измеряется в градусах, в зависимости от угла раскрытия светового потока. КСС бывают следующих семи типов: концентрированная (К) – 300; глубокая (Г) – 600; косинусная (Д) – 1200; полуширокая (Л) – 1400; широкая (Ш) – 1600; равномерная (М) – 1800; синусная (С) – 900.

Требования к характеру светораспределения при выборе светильников учитывают следующим образом: для производственных помещений целесообразно применение светильников прямого или преимущественно прямого светораспределения с типовыми кривыми света К (концентрированная) при высоких потолках (более 6-8 м), с меньшей высотой потолков – со светораспределением типа Д (косинусная), реже Г (глубокая). В производственных помещениях с низкими коэффициентами отражения стен, потолков целесообразно применение светильников прямого света класса П, а в помещениях со светлыми стенами и потолком – преимущественно прямого света класса Н. Чем выше помещение и больше нормируемая освещённость, тем более концентрированными кривыми силы света должны обладать светильники (К или Г). По мере уменьшения высоты помещения наиболее выгодны светильники с типовой кривой силы света Д, Г и т. д.

Различают следующие виды искусственных источников света: лампы накаливания; галогенные лампы накаливания; люминесцентные лампы (разрядные лампы низкого давления и разрядные лампы высокого давления, металлогалогенные); светоизлучающие диоды.

Световая отдача в виде числа люменов на 1 Вт, световой поток, цветовая температура, цветопередача, напряжение питающей сети и на лампе (для газоразрядных ламп), средняя продолжительность горения – параметры, на которые следует обращать внимание при выборе источника искусственного света.

С точки зрения энергосбережения, световая отдача лампы – наиболее важный параметр, показывает, сколько люменов видимого света дает тот или иной источник света, потребляя единицу электрической мощности, и измеряется, соответственно, в лм/Вт. Параметр напрямую связан с коэффициентом полезного действия (КПД) источника света. Следует иметь в виду, что часто под КПД светильника подразумевают не КПД источника света, а только потери светового потока в плафонах и других конструкциях светильника.

Световой поток определяет количество света, излучаемого данным

источником. Измеряется в люменах (лм). Существует прямая связь между потребляемой мощностью и создаваемым лампой световым потоком.

Качество света определяют цветовая температура и цветопередача. Цветовая температура позволяет охарактеризовать цветность источника оптического излучения. Цветовая температура выражается в температурной шкале Кельвина (К). Цветовая температура оказывает серьёзное влияние на суточные биоритмы животных. Чем большим значением цветовой температуры обладает источник света, тем выше функция влияния света на биоритмы. Эта функция характеризует степень воздействия света на подавление выработки гормона мелатонина. Механизм суточной регуляции у всех млекопитающих подобен человеческому, спектральная чувствительность которого со световым воздействием лежит в области опсина витамина A1 (464). Коротковолновое излучение при длине волны 464 нм соответствует синей части спектра света. Источники света с наличием в спектре значительной части коротковолнового излучения характеризуются высоким значением цветовой температуры излучения, с незначительной частью коротковолнового излучения – низкой цветовой температурой. В целом для млекопитающих источники света с низкой цветовой температурой (теплыми оттенками) действуют успокаивающе, в свою очередь, с высокой цветовой температурой (холодными оттенками) – бодряще.

Важный параметр – цветопередача. Величина, характеризующая степень соответствия естественного цвета предмета видимому цвету при освещении его конкретным источником света, носит название индекс цветопередачи (CRI или Ra) или коэффициент цветопередачи. За эталон принята цифра 100, соответствующая естественному солнечному свету. Лампы накаливания и галогенные обеспечивают самый большой показатель цвета – 100. Высококачественные разрядные лампы низкого давления или металлические галогенные при необходимости могут обеспечить достаточное освещение при показателе в 80 и выше. Также важны две основные характеристики, влияющие на выбор лампы – это рабочая температура и период нагревания. Рабочая температура имеет значение при выборе системы освещения для холодных коровников. Лампы накаливания и натриевые под высоким давлением хорошо работают при низких температурах (-280 °С и ниже). Минимальная рабочая температура для большинства разрядных ламп низкого давления (-100 °С). Лампы накаливания и галогенные не имеют периода нагревания. Люминесцентные лампы имеют период нагревания и загораются в пределах 1-1,5 мин.

У ламп накаливания свечение происходит вследствие нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры. Такие лампы находят широкое

применение, в том числе на животноводческих фермах, что объясняется простотой их эксплуатации и отсутствием специальных устройств для включения в электрическую сеть. В отличие от дневного света в спектре ламп накаливания преобладают жёлтые и красные лучи (длина волн 560-760 нм), а наряду с видимыми лучами эти лампы излучают невидимые тепловые лучи. Световая отдача ламп накаливания в среднем находится в пределах 13-16,5 лм/Вт. При сроке их эксплуатации (около 1000 часов) по мере старения ламп световой поток уменьшается и сдвигается в красную сторону спектра. Цветовая температура ламп накаливания составляет около 2700 К. В условиях животноводческих помещений срок службы этих ламп не превышает 700 часов. Вместе с тем, использование таких ламп связано с большими затратами электроэнергии при низкой светоотдаче и повышенной чувствительности к колебаниям напряжения в электросети. Как правило, эти лампы устанавливают в помещениях с уровнем освещенности до 50 лк, так как они требуют значительных энергозатрат. Поэтому лампы накаливания рекомендуется применять преимущественно для местного освещения отдельных вспомогательных помещений, таких как инвентарная, фуражная и т. п.

Галогенные лампы отличаются от ламп накаливания тем, что содержат в трубке пары того или иного галогена (например, йода), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. И в результате у них более продолжительный срок службы (2000 часов), спектр излучения их наиболее приближен к естественному, светоотдача на 18-20 % больше и цветовая температура – 3000 К. Если говорить о галогенных лампах, то они обладают наиболее качественной цветопередачей и отличаются большой яркостью и направленным излучением. Их можно разделить на две большие группы: лампы сетевого напряжения – 220 В и лампы низкого напряжения (низковольтные) – до 24 В.

В основном наиболее эффективны в молочном животноводстве люминесцентные газоразрядные лампы. Их целесообразнее шире применять для повышения биологической эффективности искусственного освещения, так как, имеющее излучение, близкое по спектральному составу к естественному свету.

Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света, а их свечение происходит вследствие электролюминесценции и фотолюминесценции. Газоразрядные лампы низкого давления представляют собой цилиндрическую трубку с электродами, в которую закачаны пары ртути. Пары ртути под действием электрического разряда излучают ультрафиолетовые лучи. Люминофор, нанесённый на стенки колбы, преобразует электрические разряды в видимый свет. Разряд происходит при внутреннем давлении до 0,01 МПа.

Люминесцентные лампы низкого давления выпускают мощностью от 10 до 200 Вт, световая отдача – 30 лм/Вт, цветовая температура – от 4000 до 6000 К, их средний срок службы составляет 12000 часов.

Разрядные лампы высокого давления функционируют за счёт свечения наполнителя в разрядной трубке под действием дуговых электрических разрядов. Давление в рабочем режиме составляет 0,01...1,0 МПа. Ртутный и натриевый – два основных разряда высокого давления, которые дают остаточное узкополосное излучение: натриевый – в жёлтый, ртутный – в голубой области спектра. Недостаток этих ламп – низкая цветопередача (25 Ra). Лампы высокого давления выпускаются мощностью от 80 до 2000 Вт и имеют световую отдачу 40-55 лм/Вт, цветовая температура 2000 К, а средний срок службы составляет 10000 часов.

Широко распространение получило новое поколение люминесцентных ламп (так называемых Т5, Т8) с ЭПРА. Основные преимущества этих источников света: высокая световая отдача (до 150 лм/Вт); невысокий спад светового потока (через 10 тыс. часов наработки световой поток снижается не более чем на 5 % и остаётся далее на этом уровне); уменьшенное содержание ртути в этих лампах (с 30 до 5 мг); увеличение срока службы ламп до 16 тыс. часов.

Металлогалогенные лампы – новый класс источников света. По конструкции они отличаются добавлением внутрь разрядной трубки ртутной лампы галогенидов различных металлов, что позволило добиться высокой световой отдачи (40 лм/Вт) и хорошей цветопередачи (80 и выше Ra). Невысокая стабильность параметров в течение срока службы – один из немногих недостатков металлогалогенных ламп.

Таким образом, в целом светоотдача люминесцентных ламп в три раза выше, чем лампы накаливания, а видимый их спектр освещения распределяется на сине-фиолетовое (16 %), жёлто-зелёное (39 %) и красно-оранжевое (около 45 %) излучение. Поэтому спектральный состав люминесцентного света находится ближе к дневному освещению. Из-за таких особенностей спектра основные типы люминесцентных ламп создают более благоприятную обще физиологическую обстановку, чем лампы накаливания. Они также благоприятно влияют на работу зрения, значительно уменьшая его утомление. Кроме того, такие лампы намного экономичнее ламп накаливания за счёт более низкого потребления электроэнергии и отличаются лучшей светоотдачей, а также большим сроком службы. Так, если лампы накаливания на каждый ватт мощности дают световые потоки не более 20 лм, то люминесцентные лампы – от 30 до 60 лм. Следовательно, газоразрядные лампы более перспективны для использования в помещениях для животных, к тому же они менее чувствительны, чем лампы накаливания, к изменениям напряжения, в особенности к его повышению, имеют больший срок

службы. Допустимые пределы отклонения напряжения в сети для них составляют 200-240 В. Достоинством люминесцентных ламп является также их малая яркость – она в 600-700 раз меньше яркости раскалённой нити лампы накаливания, поэтому люминесцентный свет не «режет глаз», если даже смотреть на горящую лампу. Это позволяет создавать в помещении равномерное и мягкое освещение, подобное дневному. Большое значение имеют также теплотехнические преимущества люминесцентных ламп, поскольку горение этих ламп сопровождается выделением значительно меньшего количества тепла, чем от ламп накаливания. Нормативное искусственное освещение в животноводческих помещениях следует осуществлять люминесцентными светильниками типа ПВЛ (пылевлагозащищенные лампы) с газоразрядными лампами ЛДЦ (улучшенного спектрального состава), ЛД (дневные), ЛБ (белые), ЛХБ (холодно-белые), ЛТБ (тепло-белые) и др. Мощность люминесцентных ламп – от 15 до 80 Вт; в практике животноводства используют лампы на 40 и 80 Вт. В перспективе для создания оптимального светового режима в животноводческих помещениях предполагается использование светодиодных ламп. При этом светодиодные лампы имеют следующие достоинства: высокий КПД преобразования электрической энергии в световую (до 80 %), минимальное выделение тепла, обеспечения различного спектрального состава и интенсивности излучения, светоотдача на уровне 100-150 лм/Вт, низкое рабочее напряжение (3-5 В), экономия электроэнергии (до 3-5 раз), долгий срок службы (50-100 тыс. ч). В ближайшие 8-10 лет внедрение светодиодных ламп в виду их высокой стоимости потребует значительных материальных затрат при сроке окупаемости не менее 5 лет.

С переходом на светодиодное освещение возможно создавать различные световые режимы, направленные на стимулирование циркадианных реакций организма, оказывающих воздействие на временные характеристики различных физиологических функций и здоровье животных. Важными аспектами проблемы является экономия электроэнергии и экологическая безопасность новых осветительных приборов.

Увеличение светового дня до рекомендуемых 16 часов возможно за счёт применения современных экономичных светильников (люминесцентных ламп, натриевых ламп высокого давления). С помощью электронных устройств с часовым механизмом за счёт включения искусственного освещения в утренние и вечерние часы возможно автоматическое, без участия оператора, регулирование длительности светового дня. В зимнее время, например, можно обеспечить непрерывное регулирование освещения утром с 4:30 до 8:00 и вечером с 16:30 до 20:30.

Эффективность источника света значительно снижается, если стены и потолки загрязнены. Во всех случаях оправдывают себя регулярная

очистка и побелка известкой, поскольку за счёт лучшего отражения света повышается световая отдача источника. Финансовые затраты, связанные с приобретением и монтажом осветительной установки, а также затраты электроэнергии могут быть компенсированы относительно быстро за счёт повышения молочной продуктивности. В расчёт обычно принимают 2-3 года.

Оценивая освещённость коровников, Гордеев В.В. и др. указывают на зависимость изучаемых показателей не только от типа и мощности светильников, но и от планировочных решений зданий. Исследованиями, проведёнными сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района, установлено существенное влияние особенностей конструкции коровников на показатели освещённости в различных точках помещений [63]. Сравнивались здания из металлоконструкций с утеплённой кровлей, из сборных полурамных железобетонных конструкций и металлоконструкций без утепления кровли. Данные исследований по освещённости технологических зон (пристенные и двоянные боксы, навозные и кормонавозные проходы, кормовые столы) в торцовых и центральных частях различных типов зданий для содержания дойных коров в переходный период приведены на рис. 35 и 36.

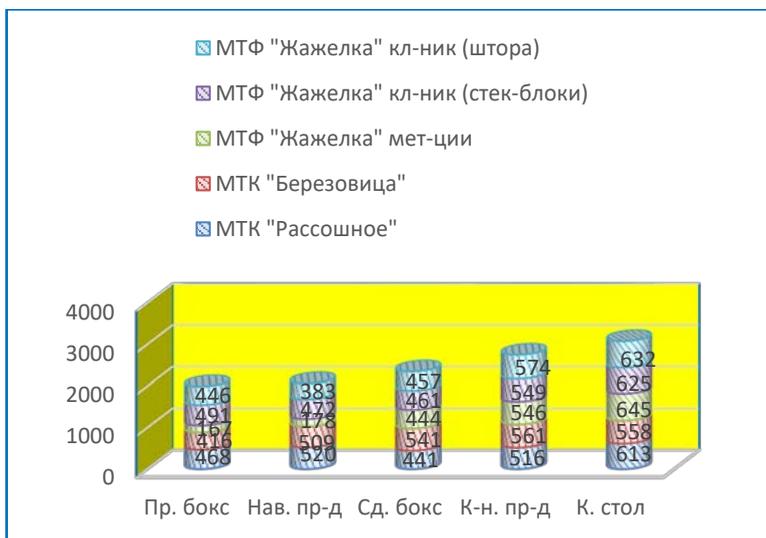


Рисунок 35 – Естественная освещённость в технологических зонах (торцовая часть) различных типов зданий для содержания дойных коров в переходный период, лк

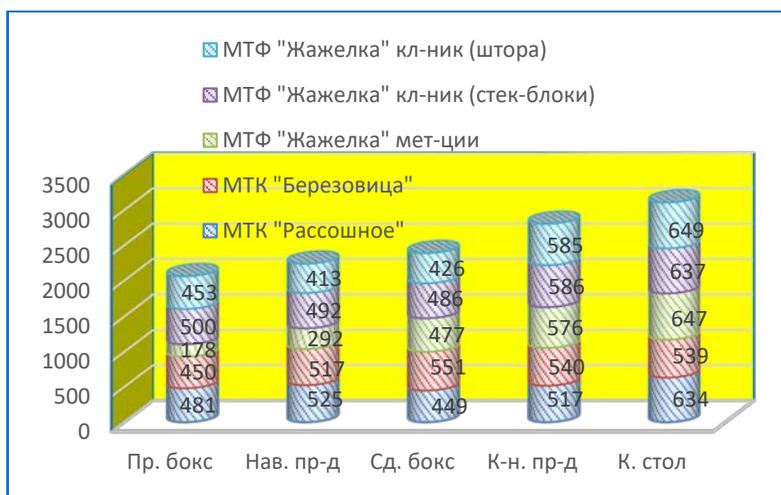


Рисунок 36 – Естественная освещённость в технологических зонах (центральная часть) различных типов зданий для содержания дойных коров в переходный период, лк

Уровень освещённости на уровне головы животных во всех изучаемых вариантах зданий в зависимости от конструктивных и объёмно-планировочных решений составил в среднем за весенний период в торцовых пристенных боксах 167-491 лк, в центральных – 178-500 лк, в торцовых сдвоенных боксах на уровне головы животных освещённость составила 441-541 лк и в центральных сдвоенных боксах – 426-511 лк, что соответствует согласно исследованиям европейских и американских учёных, физиологическим потребностям животных (200 лк), за исключением здания из металлоконструкций без утепления кровли (МТФ «Жажелка»), где было отмечено загрязнение материала штор, как следствие освещённость в торцовом пристенном боксе составила 167 лк, а в центральном боксе – 178 лк. В торцовых навозных проходах интенсивность освещения составила 178-520 лк и кормонавозных проходах – 516-574 лк, а в центральных навозных проходах – 292-525 лк и в кормонавозных – 517-586 лк.

Интенсивность освещённости кормового стола на уровне головы животных в торцовых частях зданий была 558-645 лк, в центральных – 539-649 лк, что соответствует физиологическим потребностям животных, так как положительный эффект от планомерного использования освещения достигается только в том случае, если освещённость достигает как минимум у кормового стола 200-300 лк. От доступности потребляемой животными воды зависит их продуктивность, поэтому животные должны иметь возможность беспрепятственного и хорошо

освещённого передвижения к поилкам. Во всех типах зданий освещённость в местах для поения была в пределах 294-449 лк в центральных частях зданий и в торцовой части здания МТК «Рассошное» 333 лк и 446 лк в здании МТК «Березовица».

В среднем за весенний период уровень освещённости технологических зон во всех типах зданий для содержания сухостойных коров I периода составил: в торцовых пристенных боксах – 397-535 лк, в центральных – 420-516 лк, в торцовых сдвоенных боксах на уровне головы животных отмечена освещённость – 331-513 лк и в центральных сдвоенных боксах – 373-527 лк, освещённость кормового стола в торцовых частях зданий составила 524-601 лк, в центральных – 514-625 лк; что соответствует физиологическим нормам, как минимум в боксах для отдыха коров на уровне головы освещённость должна быть около 200 лк, у кормового стола – 200-300 лк (рис. 37 и 38).

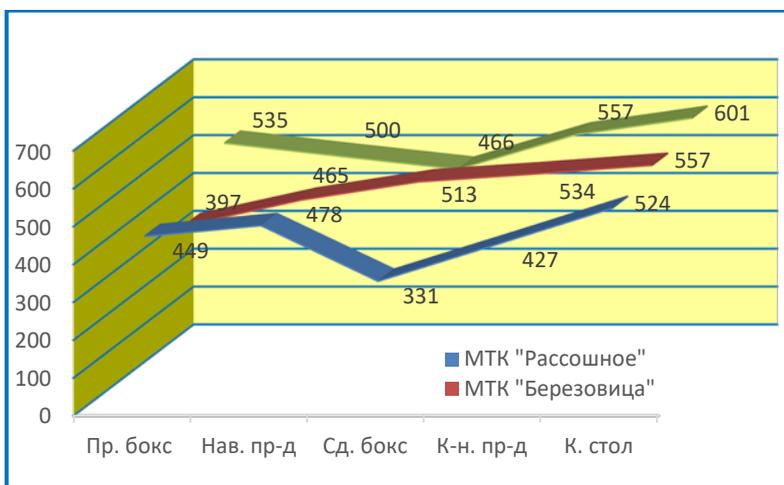


Рисунок 37 – Естественная освещённость в технологических зонах (торцовая часть) различных типов зданий для содержания сухостойных животных в боксах в переходный период, лк

За счёт поддержания оптимальной степени освещения в проходах обеспечивается лучшее ориентирование животных в помещении, они двигаются увереннее и быстрее. В торцовых частях зданий величина освещённости в навозных проходах составила 465-500 лк и 427-557 лк в кормонавозных, в центральных частях зданий соответственно 476-500 лк и 461-579 лк. Уровень естественной освещённости у поилок составил в торцах зданий 350-368 лк и 276-443 лк в центральных частях зданий, что соответствует норме.

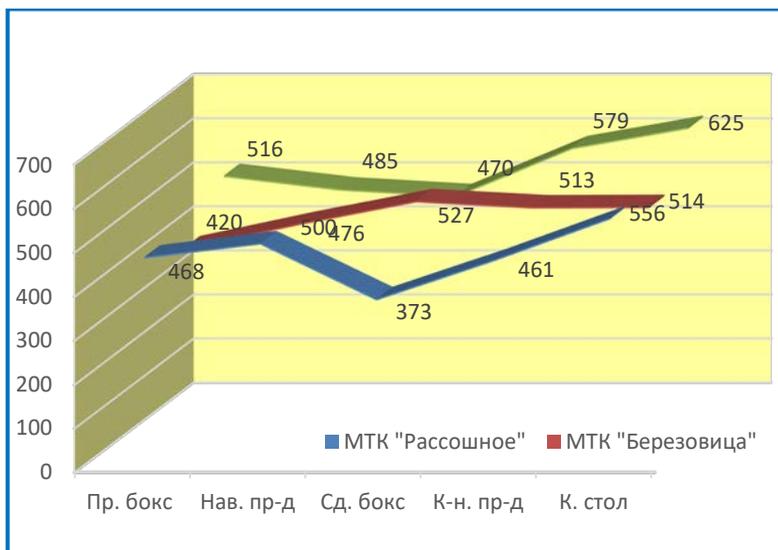


Рисунок 38 – Естественная освещённость в технологических зонах (центральная часть) различных типов зданий для содержания сухостойных животных в боксах в переходный период, лк

В среднем параметры освещённости за весенний период в исследуемых животноводческих помещениях для содержания сухостойных животных II периода (МТК «Рассошное», МТФ «Жажелка») соответствовали физиологическим нормам, в секциях расположенных в торцовых частях зданий были следующими: 439-614 лк в торцах секций у окна, в середине секций – 641-675 лк, в торцах секций у кормонавозных проходов – 357-709 лк, в кормонавозных проходах – 397-711 лк и 480-712 лк на кормовом столе, в поилках – 398-572 лк. В секциях, расположенных в центральных частях зданий: в торцах секций у окна – 461-648 лк, в середине секций – 653-695, в торцах секций у кормонавозных проходов – 382-721 лк, в кормонавозных проходах – 423-727 лк, на кормовом столе – 518-731 лк и в поилках – 403-558 лк.

Свет оказывает положительное биологическое влияние на организм не только взрослых животных, но и на развитие и рост молодняка. Молодняк крупного рогатого скота должен подвергаться воздействию долгого светового периода (16 ч/сутки) от отъёма до наступления половой зрелости, т. к. это способствует формированию паренхим молочной железы. Так, на МТК «Рассошное», в здании для содержания молодняка крупного рогатого скота с комбинированным освещением в секции, расположенной в торцовой части помещения, интенсивность освещения была: 414 лк в торцах секции у окна, 457 лк в середине и 433 лк в торцах

секции у кормонавозного прохода, в кормонавозном проходе – 449 лк и 443 лк на кормовом столе, у поилки – 397 лк. В секции, расположенной в центральной части здания: 450 лк в торцах секции у окна, 488 лк в середине и 463 лк в торцах секции у кормонавозного прохода, 479 лк в кормонавозном проходе и на кормовом столе 469 лк, у поилки – 421 лк.

В здании из сборных полурамных железобетонных конструкций (МТФ «Жажелка») с боковым освещением заметно ощущалась по сравнению с предыдущим зданием нехватка естественной освещённости, как в зоне размещения животных в торцовой и центральной секциях (меньше 200 лк), так и на кормовом столе и у поилок (меньше 200-300 лк). Так, в секции, находящейся в торцовой части помещения, освещённость составила: 141 лк в торцах секции у окна, 136 лк в середине и 133 лк в торцах секции у кормонавозного прохода, в кормонавозном проходе – 130 лк и на кормовом столе – 126 лк, у поилки на кормовом столе 127 лк, у мячиковой поилки, расположенной у окна – 138 лк. В секции, расположенной в центральной части помещения, уровень естественной освещённости был следующим: 163 лк в торцах секции у окна, 116 лк в середине и 94 лк в торцах секции у кормонавозного прохода, в кормонавозном проходе – 76 лк и на кормовом столе 69 лк, у поилки на кормовом столе – 56 лк и у мячиковой поилки у окна – 161 лк. Поэтому в этом здании необходимо даже в дневное время суток включать искусственное освещение, чтобы создать молодяку крупного рогатого скота условия комфортного кормления, поения, отдыха и передвижения.

При обеспечении естественного освещения следует помнить, что гигиеническое значение естественного освещения (рассеянного света неба и прямых солнечных лучей) определяется интенсивностью освещения и спектральным составом света, проникающего в помещение. Коровы не видят различий между цветами и для них важно лишь то, насколько долгий и интенсивный свет в коровнике. Поэтому исследования в направлении изучения параметров естественной и искусственной освещённости в различных типах животноводческих помещений для содержания различных половозрастных групп крупного рогатого скота (МТК «Рассошное», МТК «Березовица» и МТФ «Жажелка» в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смоленвичского района) были продолжены в летний период.

При расчёте КЕО получены следующие данные: в зданиях для содержания дойных коров на МТК «Рассошное» он составил 3,7 %, на МТК «Березовица» – 9,2 %, на МТФ «Жажелка» (метации) – 3,5 %, на МТФ «Жажелка» (кдюшечник) – 7,6 % (со стороны стеклоблоков) и 8,0 % (со стороны штор); в зданиях для содержания сухостойных животных на МТК «Рассошное» – 4,1 % (для сухостойных животных I периода) и 4,0 % (для сухостойных животных II периода), на МТК «Березовица» –

5,7 % (для сухостойных животных I и II периода), на МТФ «Жажелка» – 5,2 % (для сухостойных коров I периода) и 5,3 % (для сухостойных коров II периода); в зданиях для содержания молодняка крупного рогатого скота на МТК «Рассошное» – 7,1 %, на МТФ «Жажелка» – 0,6 %. Таким образом, КЕО во всех помещениях был выше гигиенических нормативов.

Параметры освещённости в разных зонах исследуемых помещений отличаются. На рис. 39 и 40 приведены показатели освещённости технологических зон в торцовых и центральных частях различных типов зданий для содержания дойных коров в летний период.

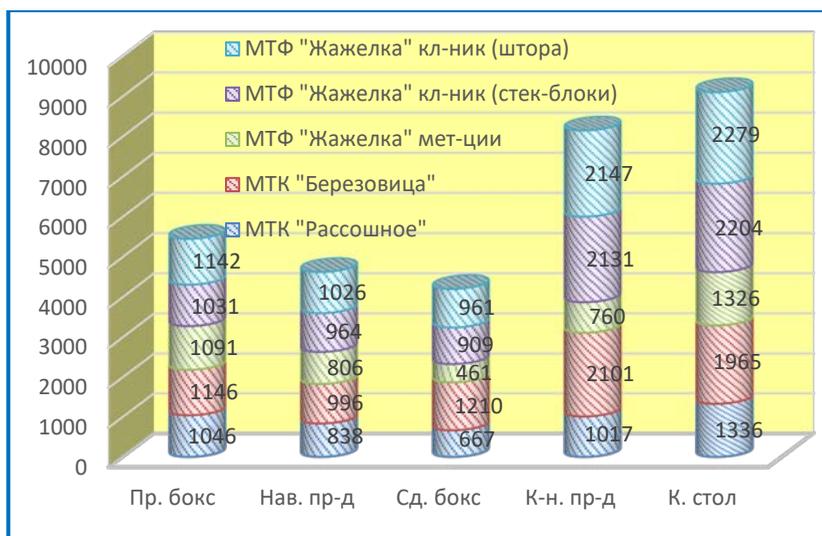


Рисунок 39 – Естественная освещённость в технологических зонах (торцовая часть) различных типов зданий для содержания дойных коров в летний период, лк

При физиологической норме освещённости на уровне 200 лк в боксах для отдыха животных, согласно исследованиям европейских и американских учёных, фактическая освещённость на уровне головы животных во всех типах животноводческих зданий для содержания дойных коров, отличающихся друг от друга некоторыми конструктивными и объёмно-планировочными решениями, значительно превосходила нормативные показатели и составила в среднем за летний период в торцовых пристенных боксах 1031-1146 лк, в центральных – 934-1104 лк, в торцовых сдвоенных боксах на уровне головы животных освещённость составила 461-1210 лк и в центральных сдвоенных боксах – 360-1110 лк.

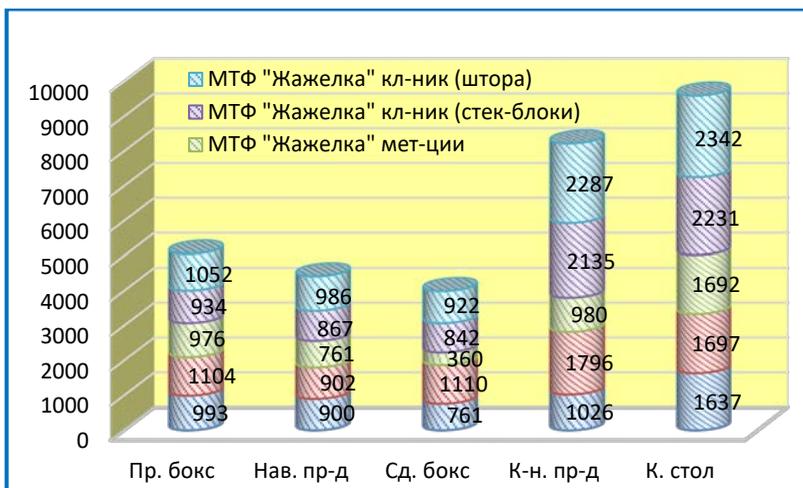


Рисунок 40 – Естественная освещенность в технологических зонах (центральная часть) различных типов зданий для содержания дойных коров в летний период, лк

Величина освещённости важную роль играет и для обеспечения беспрепятственного передвижения животных, а также снижения опасности травматизма. Так, в торцовых навозных проходах интенсивность освещения составила 806-1026 лк и кормонавозных проходах – 760-2147 лк, а в центральных навозных проходах – 761-986 лк и в кормонавозных – 980-2287 лк.

Известно, что положительный эффект от планомерного использования освещения достигается только в том случае, если освещённость достигает как минимум у кормового стола 200-300 лк. В наших исследованиях интенсивность освещенности кормового стола на уровне головы животных в торцовых частях зданий была 1326-2279 лк, в центральных – 1637-2342 лк.

Решающее значение имеет интенсивность света на уровне поилок. Уровень естественной освещённости в местах для поения во всех типах животноводческих зданий находился в пределах 379-769 лк в центральных частях зданий и в торцовой части здания МТК «Рассошное» 687 лк и 706 лк в здании МТК «Березовица».

В среднем за летний период уровень освещённости технологических зон во всех типах зданий для содержания сухостойных коров I периода составил: в торцовых пристенных боксах – 1162-1888 лк, в центральных – 971-2043 лк, в торцовых сдвоенных боксах на уровне головы животных отмечена освещённость 548-998 лк и в центральных сдвоенных боксах – 546-1118 лк, освещённость кормового стола в торцовых частях

зданий составила 1330-2104 лк, в центральных – 1166-2231 лк, что соответствует физиологическим нормам. Как минимум в боксах для отдыха коров на уровне головы освещённость должна быть около 200 лк, у кормового стола – 200-300 лк, то есть освещение в боксах для отдыха коров должно быть меньше, а в месте кормления – выше (рис. 41 и 42).

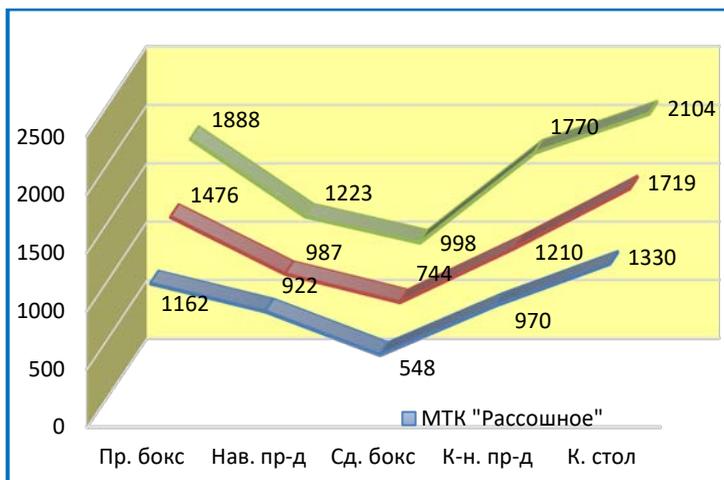


Рисунок 41 – Естественная освещённость в технологических зонах (торцовая часть) различных типов зданий для содержания сухостойных животных в боксах в летний период, лк

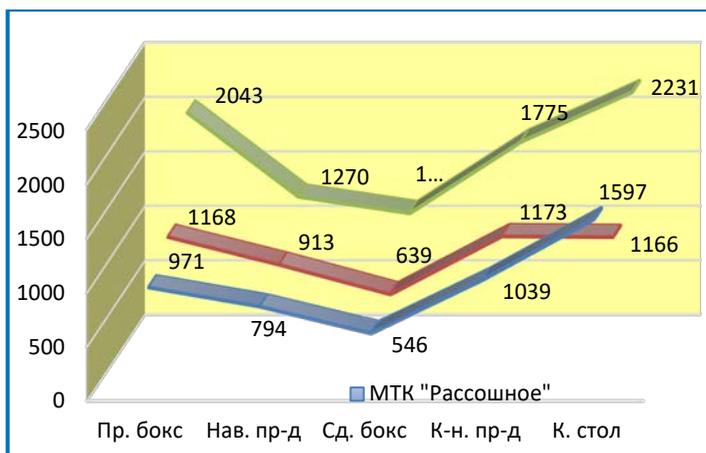


Рисунок 42 – Естественная освещённость в технологических зонах (центральная часть) различных типов зданий для содержания сухостойных животных в боксах в летний период, лк

За счёт поддержания оптимальной степени освещения в проходах обеспечивается лучшее ориентирование животных в помещении, они двигаются увереннее и быстрее. Величина освещённости в навозных проходах в торцовых частях зданий составила 922-1223 лк и 970-1770 лк в кормонавозных, в центральных частях зданий соответственно 794-1270 лк и 1039-1775 лк. Уровень естественной освещённости у поилок составил в торцах зданий 484-735 лк и 269-698 лк в центральных частях зданий, что соответствует норме и превышает её.

В исследуемых животноводческих помещениях для содержания суходойных животных II периода (МТК «Рассошное», МТФ «Жажелка») в среднем параметры освещённости за летний период соответствовали физиологическим нормам и превосходили их. В секциях, расположенных в торцовых частях зданий, они были следующими: 609-923 лк в торцах секций у окна, в середине секций – 711-1635 лк, в торцах секций у кормонавозных проходов – 1222-1952 лк, в кормонавозных проходах – 1817-2370 лк и 1901-3625 лк на кормовом столе, в поилках – 352-802 лк. В секциях, расположенных в центральных частях зданий: 763-586 лк в торцах секций у окна, 973-1314 лк в середине секций, в торцах секций у кормонавозных проходов – 1463-1993 лк, в кормонавозных проходах – 2166-2462 лк, на кормовом столе – 2205-4088 лк и в поилках – 460-677 лк.

В здании из сборных полурамных железобетонных конструкций (МТФ «Жажелка») с боковым освещением заметно ощущалась по сравнению с предыдущим зданием нехватка естественной освещённости, как в зоне размещения животных (зона отдыха) в центральной секции (меньше 200 лк), так и на кормовом столе, у поилок и в проходе, как в торцовой, так и в центральной секциях (меньше 200-300 лк). Так, в секции, находящейся в торцовой части помещения, освещённость составила: 612 лк в торцах секции у окна, 452 лк в середине и 154 лк в торцах секции у кормонавозного прохода, в кормонавозном проходе – 102 лк и на кормовом столе – 87 лк, у поилки на кормовом столе 68 лк, у мячковой поилки, расположенной у окна – 259 лк. В секции, расположенной в центральной части помещения, уровень естественной освещённости был следующим: 280 лк в торцах секции у окна, 156 лк в середине и 140 лк в торцах секции у кормонавозного прохода, в кормонавозном проходе – 84 лк и на кормовом столе 72 лк, у поилки на кормовом столе – 63 лк и у мячковой поилки у окна – 246 лк. В здании из сборных полурамных железобетонных конструкций (МТФ «Жажелка») с боковым освещением необходимо даже в дневное время суток включать искусственное освещение, чтобы создать молодняку крупного рогатого скота условия комфортного кормления, поения, отдыха и передвижения.

Таким образом, изучены показатели естественного освещения в различных типах животноводческих помещений для содержания различных половозрастных групп крупного рогатого скота в летне-осенний период. Искусственную освещённость в летний период не измеряли, так как летом большая продолжительность светового дня по сравнению с другими сезонами года. Установлено, что уровень КЕО во всех типах животноводческих помещений для содержания различных половозрастных групп крупного рогатого скота был выше гигиенических нормативов.

Благодаря комбинированному освещению в зданиях удаётся добиться равномерного естественного освещения в оптимальных параметрах по всей зоне размещения животных, поэтому почти во всех изучаемых животноводческих объектах уровень естественной освещённости различных технологических зон в летний период соответствовал физиологическим нормативам и даже их превосходил, у кормового стола, поилок и в проходах освещённость была не менее 200-300 лк, а в боксах для отдыха и в зоне отдыха в секциях на уровне головы животных не менее 200 лк, что позволяет создать условия комфортного кормления, поения, передвижения и отдыха животных. Исключение составило здание для беспривязного содержания молодняка крупного рогатого скота из сборных полурамных железобетонных конструкций (МТФ «Жажелка») с боковым освещением, где естественная освещённость, особенно в зоне размещения животных (зона отдыха) в секции, расположенной в центральной части здания, была меньше 200 лк, и на кормовом столе, у поилок и в проходе в торцевой и в центральной секциях составила менее 200-300 лк.

Освещать ферму необходимо на протяжении многих часов, поэтому осветительные устройства должны быть показателем продолжительного срока службы и высокой эффективности. Таймер со световым датчиком позволяет последовательное выполнение программы по освещению. Таймер устанавливает освещение ночного времени суток, а световой датчик производит отключение ламп при достаточном дневном освещении. Фаза ночного режима не должна прерываться контрольным ходом, при этом на помощь приходят лампы с красным светом, которые являются одним из вариантов ночного освещения для наблюдателя животных, не влияя на распределение мелатонина в организме.

При проектировании системы освещения должно быть предусмотрено, чтобы все здание освещалось равномерно, чтобы не возникало никаких светлых пятен или тёмных ниш. Высота монтажа ламп зависит от их мощности (Ватт). Чем больше мощность лампы, тем выше они могут монтироваться. С возрастающей высотой потолка здания, необходимо монтировать меньшее количество ламп, но с большей мощностью.

Контрольное число для высоты монтажа ламп должно соответствовать приблизительно 1,5 расстоянию между лампами.

В современных коровниках с высокими потолками, предназначенных для беспривязного содержания животных для увеличения степени освещённости рекомендуется подвешивать источники света так, чтобы приблизить их к местам нахождения животных. Лампы следует чистить, поскольку их поверхность очень быстро загрязняется от пыли в коровнике, а загрязнённые лампы при неизменной затрате энергии дают значительно меньшую освещённость. Там, где должны хорошо освещаться рабочие места, желательно монтировать лампы от 500 до 1000 люкс. Это касается доильного зала, отделения для обработки копыт, помещения для больных животных и родильного отделения. На рабочих местах лампы размещаются таким образом, чтобы руки рабочего не находились в тени. Необходимо также учесть фактор доступности ламп, поскольку чистка, проводимая раз в полгода, очень эффективна для мощности осветительных установок.

Обобщая изложенное, можно отметить, что на крупных молочно-товарных комплексах на параметры, формирующие условия содержания и микроклимат производственных помещений, оказывает большое количество факторов, значительная часть которых имеет переменный характер. Относительно стабильными являются теплотехнические характеристики помещений и их объёмно-планировочные решения, закладываемые при проектировании и строительстве. Воздействие на внутреннюю среду помещений оказывают климатические особенности региона и неуправляемые погодные условия. Но влияние последствий выполнения таких технологических операций, как удаление навоза, раздача кормов мобильными агрегатами, организация и эксплуатация системы водопоя, очистка поверхности полов и оборудования и тому подобных действий может быть минимизировано либо полностью исключено применением комплексов автоматизированного управления соответствующими технологическими процессами.

Автоматизированное оборудование управления микроклиматом должно включать систему регистрации, сбора и анализа и контролируемых параметров воздушной среды как внутри помещений, так и наружного воздуха. Увязанная с оборудованием мониторинга система управления исполнительными механизмами осуществляет необходимую корректировку работы элементов регулирования параметров среды обитания животных. Специализированное программное обеспечение управляет комплексной системой на основе алгоритмов, актуализированных для каждого конкретного объекта. Эффективность работы такого комплекса исполнительных и управляющих систем определяется количеством и достоверностью исходной информации для построения

математических моделей включающей и реакцию животных на изменяющиеся факторы среды обитания [56].

По данным Н.Н. Новикова, применение математической модели тепломассообмена в коровниках, разработанной во ВНИИМЖе для корректировки микроклимата, позволило повысить продуктивность животных на 8-9 %, снизить их заболеваемость на 6 %, а также сократить энергопотребление на 13 % [57]. Одним из вариантов интеллектуального управления микроклиматом животноводческих помещений может быть система, ядром которой является электронный регистратор «Параграф PL2» [17] (рис. 43). Работает система следующим образом. Информация с датчиков 3-7 поступает в электронный регистратор, в нём обрабатываются, анализируются и формируются управляющие сигналы, которые через блок управления подаются на исполнительные механизмы.



Рисунок 43 – Принципиальная схема интеллектуальной системы управления микроклиматом животноводческого помещения:

- 1 – блок электропитания системы с контролем параметров сети;
- 2 – регистратор параметров с индикацией текущих показаний;
- 3 – датчик температуры и относительной влажности воздуха;
- 4 – датчик содержания CO₂; 5 – датчик содержания H₂S;
- 6 – датчик содержания NH₃; 7 – датчик скорости воздуха в помещении;
- 8 – метеостанция; 9 – компьютер для анализа и обработки данных;
- 10 – печатающее устройство.

На дисплее «Параграфа» отражаются текущие значения контролируемых параметров. Результаты измерений и команды исполнительным

механизмам архивируются в базе компьютера. Кроме этого, компьютер в «Параграфа» отражают текущие значения контролируемых параметров. Результаты измерений и команды исполнительным механизмам архивируются в базе компьютера. Компьютер, реагируя на изменяющиеся условия с учётом прогноза на заданный период в соответствии с моделью, вносит правки в функционирование системы управления микроклиматом.

На современных крупных комплексах для обеспечения оптимального соотношения внутреннего объёма здания, удельной площади зоны отдыха, технологических проходов со стоимостью одного скотоместа, как правило, проектируются широкогабаритные (шириной 33-35 м и более) коровники с шестирядным расположением боксов. При безвыгульном содержании большого количества животных в таких помещениях, закономерности распределения воздушных потоков, выделения газов, образования пыли и изменения концентрации микроорганизмов в воздухе по сезону года, существенно отличаются от аналогичных параметров воздушной среды, регистрируемых в животноводческих помещениях 20 и более лет назад. При уровне развития технической оснащённости и концентрации животных в помещениях в то время, методическими рекомендациями по оценке воздушного пространства животноводческих помещений, разработанными И.С. Голосовым, С.И. Плященко, Ф.И. Торпаковым, предписывалось определять параметры микроклимата в трёх точках помещений по диагонали, в зонах нахождения человека и животных. В настоящее время для контроля среды обитания животных учёными РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» в помещениях для содержания крупного рогатого скота рекомендуется оценивать параметры температурно-влажностного и газового состава воздуха по следующей схеме: по вертикали – на уровне пола, 30-50, 150 см от пола. Увеличение точек контроля позволяет более точно определить значения параметров при лежании и стоянии животных; горизонтально достаточно измерять в 11 точках здания (зоны отдыха, кормления, навозные и кормонавозные проходы), точнее в 5 точках по диагонали здания: в торцах, отступив от продольной (2 м) и торцевой (1 м) стен, промежутках между торцом и серединой помещения и в средней части здания на линии продольной оси). Измерения проводятся по двум диагоналям помещения.

При оценке движения воздуха проверяют его направление и скорость. Для характеристики воздушных потоков необходимо проверить их в следующих точках:

- а) у ворот в торцевых и продольных стенах;
- б) у окон и приточных каналов;
- в) в зоне действия вытяжных каналов;

г) в зоне расположения животных.

Применение интеллектуальной системы управления микроклиматом животноводческих помещений, вероятно, потребует дополнительное обоснование расположения точек контроля и периодичности регистрации данных. Кроме того, для оценки реакции организма животных на смену условий обитания и определения этологических критериев проявления физиологических функций и биологических ритмов поведения, необходимо будет контролировать двигательную активность животных и частоту чередования их местоположения.

Организованный по такому принципу модуль, обеспечивающий в автоматическом режиме комфортные условия содержания, может стать эффективным элементом системы управления молочной фермой нового поколения на основе технологических решений и алгоритма управления производственным процессом с применением интеллектуальных цифровых технологий.

В настоящее время в мире разработан ряд технических систем для обеспечения нормальных условий для жизнедеятельности животных, в составе которых обязательным элементом являются устройства для измерения и контроля параметров микроклимата в реальном режиме времени. Как правило, существующие системы контролируют 2 параметра температуру и относительную влажность воздуха в животноводческом помещении и не учитывают состояние газового состава воздуха (концентрацию углекислого газа, аммиака, сероводорода), что очень важно для обеспечения максимального использования генетического потенциала животных и обеспечения здоровья обслуживающего персонала.

Разработка комплексных систем мониторинга, учитывающих более широкий ряд факторов, влияющих на формирование микроклимата в животноводческих помещениях, с учётом имеющихся достижений в отечественной и мировой науке и практике является весьма актуальной задачей.

Система управления микроклиматом «Контроллер управления микроклиматом в животноводческих помещениях BSC» фирмы DeLaval представляет собой интегрированную систему централизованного контроля и управления технологическим оборудованием в животноводческих помещениях. Она позволяет управлять работой вентиляционных штор и панелей, вентиляторов, систем освещения, охлаждения животных, скреперных систем навозоудаления и фекальных насосов. BSC имеет систему контроля с пиктографическим интерфейсом пользователя, который позволяет оператору контролировать параметры микроклимата и управлять оборудованием в коровнике. Система управления позволяет оптимизировать выполнение технологических процессов, обеспечить необходимый температурный режим для животных.

Основным недостатком системы предложенной фирмой DeLaval является отсутствие контроля других параметров воздуха и техническое обслуживание обеспечивается только специалистами фирмы изготовителя.

Фирмой Rotem (Израиль) предлагается серия приборов технологического контроля Smart Controllers. Они предназначены для контроля влажности и температуры воздуха в помещениях и внешних погодных условий. Все контроллеры могут работать совместно, объединённые в локальную сеть. Состав системы: 3 датчика температуры, датчик влажности, счётчик расхода воды, 2 цифровых входа на контроллере для подключения дополнительных устройств, возможность связи с компьютером, съёмный модуль памяти (типа Flash). Недостатком этой системы является, отсутствие контроля газового состава воздуха.

Российская фирма «Инженерные технологии» предлагает систему контроля параметров микроклимата «Гигротермон». Беспроводная диспетчерская система выполнена на основе быстромонтируемых модулей ШКУ (Шкаф контроля и управления) и предназначена для оперативной организации автоматизированного сбора, контроля в режиме реального времени, визуализации и хранения данных по температуре, относительной влажности, концентрации углекислого газа. Основной функционал модуля ШКУ заключается в выполнении следующих задач: отображение текущих измеренных значений на дисплее, контроль измеренных значений по индивидуально настроенным рабочим диапазонам, светозвуковое информирование при нарушениях параметров, управление светодиодным и обычным освещением в автоматическом или ручном режимах. Система ведёт учёт газового состава воздуха только по концентрации углекислого газа, не беря в расчёт аммиак и сероводород.

ВИЭСХ (Россия) разработан комплект «Инфоком», который осуществляет мониторинг режимов автоматизированного технологического процесса в различных отраслях сельскохозяйственного производства и оперативное управление функциями и параметрами процесса. В функции комплекта входит: мониторинг заданных параметров их оценка на соответствие нормативам, критериям или моделям, управление процессом. Комплект собирает данные с датчиков, архивирует и предоставляет отчёты. Однако управление оборудованием при этом возможно только в ручном режиме.

В настоящее время представлен ещё ряд систем контроля микроклимата, но в основном эти системы ориентированы на контроль микроклимата в птицеводческих помещениях. Большая часть разработок направлена на управление и контроль отдельными параметрами и процессами. Некоторым недостатком, на наш взгляд, является отсутствие контроля газового состава воздуха (CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 , и др.). Высокий

технический уровень при отсутствии квалифицированных кадров на селе снижает возможность и эффективное использование данного оборудования в сельскохозяйственном производстве.

Анализируя факторы, обеспечивающие условия содержания, требующиеся для реализации потенциальной продуктивности и проявления естественных физиологических функций, можно отметить тесную зависимость комфортных для коров условий со способом содержания, формой обслуживания животных, особенностями термодинамических характеристик животноводческих помещений, их планировкой, вентиляцией, освещением и др. Рациональная планировка коровников минимизирует или даже полностью исключает необходимость дополнительного напряжения физиологических процессов для адаптации к условиям окружающей среды, а также создаёт предпосылки для комплексной механизации производственных процессов. В составе современных систем формирования нормальных условий для жизнедеятельности животных обязательным элементом являются устройства для управления параметрами микроклимата в реальном режиме времени. Применение оборудования для управления микроклиматом животноводческих помещений, обеспечивающего в автоматическом режиме комфортные условия содержания, может стать эффективным элементом системы управления молочной фермой нового поколения на основе технологических решений и алгоритма управления производственным процессом с применением интеллектуальных цифровых технологий.

2.3. Модуль кормоприготовления и раздачи кормов

Наряду с технологическими операциями по доению коров, расходы на организацию качественного кормления на современных комплексах также занимают значимое место в структуре эксплуатационных издержек. По мнению Е.Е. Хазанова и др., на подготовку к скармливанию и раздачу кормов может приходиться около 40 % всех трудовых затрат на ферме [70].

Отмечая высокий удельный вес операций по раздаче основных и концентрированных кормов в структуре себестоимости молока, Г.И. Гануш [18] подчёркивает, что создание стабильной кормовой базы, оптимизация рационов на основе применения наиболее продуктивных кормовых культур, снижение стоимости кормов за счёт увеличения доли высококачественных травяных компонентов рациона могут иметь решающее значение в процессе интенсификации производства молока (рис. 44). Следовательно, технологические операции, связанные с забором травяных и концентрированных кормов из хранилищ, их транспортировкой к месту раздачи, подготовкой к скармливанию и

нормированной выдачей можно рассматривать как эффективный механизм повышения продуктивности, снижения удельных затрат кормов, трудовых и энергетических ресурсов, оптимизация которых в итоге скажется на уровне конкурентоспособности производимой продукции.

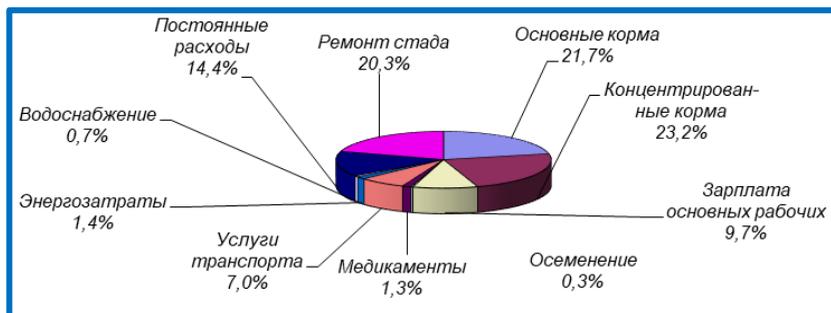


Рисунок 44 – Структура себестоимости молока

Интенсивное развитие сельского хозяйства, рост продуктивности коров, а, следовательно, изменение потребности в питательных веществах рациона, в соответствии с изменяющейся интенсивностью метаболизма у высокопродуктивных животных, обусловили направления эволюции систем кормления молочного скота. Основу рациона стал составлять высококачественный кукурузный силос и консервированный корм их провяленных трав. Резко сократилось использование сена и практически исключены из рациона корнеплоды. В то же время, обязательным требованием к качеству компонентов и структуре рациона, технологии приготовления и раздачи кормов стала необходимость обеспечения полноценного *дифференцированного кормления коров по стадиям физиологического цикла* (сухостой, раздой, основной период лактации) путём использования кормосмесей с различным соотношением объёмистых и концентрированных кормов для коров на раздое и в основной период лактации. Действующими в настоящее время «Технологическими требованиями к производству молока на молочно-товарных комплексах» регламентируется состав рациона для каждой из фаз биологического цикла в соответствии с возрастными особенностями, массой и продуктивностью.

В *рационе первой фазы лактации (0-30 дней после отёла)* рекомендуется использовать наилучшие объёмистые корма с высоким содержанием энергии и структурной клетчатки. Предельная доза концентратов не должна превышать 50 % в сухом веществе рациона. В случае беспривязного содержания исключается отдельная выдача концентратов. В 1 кг сухого вещества рациона для коров 0-30 дней лактации должно

содержаться: 1,03-1,08 к. ед. или 10,6-11,0 МДж обменной энергии, 16-18 % сырого протеина, 350 г структурной клетчатки на 100 кг живой массы коровы, содержание сахара в 1 кг с. в. – не более 70 г, содержание сахара + крахмала – не более 22-24 % с. в., соотношение Са : Р – 1,5-2 : 1.

Рационы для дойных коров 30-300 дней после лактации. В стадах, где продуктивность животных примерно одинакова, фактически можно применять один и тот же рацион в течение всего основного периода лактации. Необходимо стремиться к содержанию в 1 кг сухого вещества рациона: 1,08-1,16 к. ед. или 11,0-11,6 МДж обменной энергии (такая концентрация энергии возможна только при применении высококачественных объёмистых кормов), 18 % сырого протеина (удерживать баланс с энергией), 350 г структурной клетчатки на 100 кг живой массы коровы, содержание сахара в 1 кг с. в. – не более 70 г, содержание сахара + крахмала – не более 24-28 % с. в., соотношение Са : Р – 1,5-2 : 1.

В заключительной стадии лактации необходимо отслеживать, чтобы животные не ожирели и пришли к запуску в средней кондиции или ниже средней.

В стадах с широкой разбежкой по продуктивности, необходимо составлять больше рационов. Например, сухостой 1, сухостой 2, дойные коровы 0-30, дойные коровы 30-100, 100-200, 200-300 дней.

Рацион сухостойных коров 1-го периода (60-21 дней до отёла) должен состоять из качественного сенажа из злаковых трав (допускается низкопитательный сенаж с высоким содержанием клетчатки), хорошего сена, минерально-витаминных добавок. Необходимо минимизировать поступление кальция в рацион и исключить концентраты. Запрещается применять в рационах сенаж из люцерны и патоку. В 1 кг сухого вещества рациона для сухостойных коров 1-го периода должно содержаться: 0,82-0,89 к. ед. или 8,8-9,4 МДж обменной энергии, 12-14 % сырого протеина, 350 г структурной клетчатки на 100 кг живой массы коровы, содержание сахара в 1 кг с. в. – не более 70 г, содержание сахара + крахмала – не более 15 % с. в., соотношение Са : Р – 1-1,5 : 1.

Рацион сухостойных коров 2-го периода (21 день до отёла – отёл) должен состоять из качественных сенажа и силоса. Также в этот период в рацион включают 3-4 кг концентрированных кормов (с учётом шротов). В 1 кг сухого вещества рациона для сухостойных коров 2-го периода должно содержаться: 1,02-1,05 к. ед. или 10,5-10,7 МДж обменной энергии, 14-16 % сырого протеина, 300 г структурной клетчатки на 100 кг живой массы коровы, сахара в 1 кг с. в. – не более 70 г, сахара + крахмала – не более 20 % с. в., соотношение Са : Р – 1-1,5 : 1.

Сокращение количества компонентов рациона способствует переходу на кормление кормосмесями и позволяет полностью

механизировать раздачу кормов, а также повысить продуктивность коров за счёт лучшей их усвояемости. Преимущество такой системы кормления, называемой Unrfeed (единый корм), заключается в том, что пищеварительный процесс у животных протекает без колебаний величины рН в рубце, корм лучше поедается и более эффективно используется. При этом исключается возможность выборочного поедания отдельных его видов и практически полностью устраняются потери в остатках. Потребление большего количества сухого вещества способствует увеличению содержания в молоке белка и снижению заболеваемости животных.

Ориентировочно полнорационная кормосмесь для высокопродуктивных коров должна содержать в 1 кг сухого вещества 10,5-11 МДж обменной энергии, 16-17 % сырого протеина, 18 % сырой клетчатки. Она должна быть приемлемой для жвачных физической структурой, содержанием 45-55 % сухого вещества. Соотношение силоса и сенажа не должно существенно превалировать одно над другим. В целях сохранения стимулирующего действия длинноволокнистой клетчатки на нормальное функционирование преджелудков длина резки сенажа должна быть от 30 до 50-60 мм. Кормосмесь должна быть сбалансирована так, чтобы корм в рубце находился оптимальное время – 8-10 часов. На практике этот срок может увеличиваться до 16-18 часов, что сказывается на количестве поедания корма и снижении обеспечения энергией [67].

Согласно действующим зоотехническим требованиям, продолжительность раздачи кормов животным в одном помещении не должна превышать 20-30 мин. Точность дозирования, т. е. отклонение величины выданной порции корма от дозы, заданной на одну голову, должна находиться для стебельчатых кормов в диапазоне $\pm 15\%$, а для концентрированных кормов – в диапазоне $\pm 5\%$. Возвратимые потери корма не должны превышать 1 %, невозвратимые потери не допускаются [61].

Для того чтобы иметь высокую рентабельность, помимо высокого качества кормов современные комплексы нуждаются в их точной дозировке и прогрессивном способе раздачи. Мировые тенденции развития технического прогресса показывают, что решение поставленных задач возможно только путём оптимизации систем кормления на основе компьютеризации и технического переоснащения производства.

Применение различных видов автоматизированных систем кормления позволяет экономить дорогие концентрированные корма, повысить эффективность их использования и снизить риск заболеваний, вызванных нарушением обмена веществ, благодаря чему у хозяйств есть возможность увеличить надой до 10 %. Применение точных систем управления кормлением позволяет ежедневно экономить 4 % стоимости корма и уменьшить остатки на 1 % [11]. Кроме того, с их помощью

освобождаются трудовые ресурсы и экономится место в коровнике.

На основе анализа использования наиболее распространённых комплектов машин можно выделить четыре способа доставки и раздачи кормов:

1) мобильными машинами, самоходными или агрегатируемыми с трактором;

2) стационарными установками, т. е. системой транспортеров различных типов;

3) комбинированным способом, когда доставка кормов к помещению для животных производится мобильными машинами, а распределение по фронту кормления – стационарными установками;

4) передвижными техническими средствами, т. е. машинами с ограниченной степенью свободы перемещения.

В последнее время в странах с развитым молочным скотоводством широкое распространение получили раздатчики-смесители кормов, позволяющие формировать кормосмеси с весовым дозированием. На рынке кормораздаточной техники представлено большое разнообразие конструкций с емкостью бункера от 1,5 до 20 м³ и более. Только на европейском рынке около 30 фирм представляют более 400 разнообразных типов раздатчиков-смесителей и их модификаций. По принципу соединения с источником энергии миксеры подразделяются на самоходные, прицепные и стационарные, по расположению смешивающих рабочих органов – на горизонтальные и вертикальные, а по наличию или отсутствию режущего аппарата – на доизмельчающие или только смешивающие.

Смесители-раздатчики кормов любого принципа, как правило, включают следующие рабочие органы и узлы: шасси, бункер-смеситель с выгрузным окном, выгрузной транспортер. Процесс смешивания и измельчения осуществляется рабочими органами, которыми обычно являются шнеки, расположенные внутри бункера, и в зависимости от схемы могут быть расположены, как вертикально, так и горизонтально, их количество может колебаться от одного до четырёх и существенно влиять на цену миксера кормораздатчика.

На основании анализа конструктивных схем смесителей-раздатчиков кормов, выполненного С.И. Воронцовым, И.И. Воронцовым установлено, что трёхшнековые смесители имеют наибольшую равномерность смешивания компонентов кормов и сравнительно низкую энергоёмкость (бункер-смеситель шнекового типа с горизонтально расположенными внутри него одним нижним и двумя верхними шнеками) [16]. Верхние шнеки предназначены для захвата корма от передней стенки и подачи его к задней стенке на нижний выгрузной шнек.

Смесители-раздатчики горизонтального типа качественно

измельчают и смешивают компоненты корма и обеспечивают более высокую равномерность выдачи смеси (рис. 45, вариант А). Но горизонтальные машины имеют небольшой дорожный просвет, что затрудняет их использование на неблагоустроенных фермах и грунтовых дорогах. Смесители такого типа очень чувствительны к посторонним включениям вследствие малых зазоров между режущими и противорежущими элементами. Камни, куски бетона и т. п., попадающие в корм, приводят к серьёзным поломкам, на устранение которых требуется много средств и времени. Горизонтальные миксеры целесообразно использовать в тех случаях, когда при заготовке кормов стебли измельчаются недостаточно, а погрузка консервированного корма из траншей производится погрузчиками без дополнительного измельчения (например, грейферными погрузчиками).

Анализ рынка раздатчиков кормов указывает на тенденцию к использованию машин с вертикальным расположением смешивающих и измельчающих устройств (рис. 45, вариант Б). Это обусловлено в первую очередь более простой и надёжной в эксплуатации конструкцией. Применение агрегатов с вертикально расположенным шнеком позволяет легко изменять расположение ножей и контролировать, таким образом, длину резки, сохраняя оптимальную структуру корма.



Рисунок 45 – Схема смесителей-раздатчиков с горизонтальным (а) и вертикальным (б) расположением смешивающих и измельчающих устройств

Смесители-раздатчики вертикального типа обычно имеют больший дорожный просвет, менее чувствительны к посторонним включениям, лучше, чем горизонтальные, справляются с измельчением и перемешиванием крупногабаритных рулонов и тюков сена и соломы, не допускают чрезмерного измельчения корма, но раздают смесь менее равномерно. Они проще по конструкции, более надёжны в эксплуатации, менее энерго- и металлоёмки. При одинаковой ёмкости бункера вертикальные смесители выше, чем горизонтальные, что затрудняет их использование в помещениях с низкими воротными проёмами и перекрытиями. Дополнительное оснащение смесителей-кормораздатчиков средствами самозагрузки позволяет сократить количество агрегатов и

машин, занятых в кормлении. Их преимуществом является сохранения целостности монолита загружаемых кормов, что исключает порчу за счёт вторичной ферментации. На кормораздатчике ИСРК-12Ф устанавливается загрузочная фреза, которая представляет собой роторный механизм, приводимый во вращение посредством гидромотора и редуктора (рис. 46, вариант А).



Рисунок 46 – Самозагружающиеся раздатчики: с фрезой (а); грейферным загрузчиком (б); механизмом загрузки ножом (в)

По диаметру фрезерного барабана расположены специальные режущие ножи, обеспечивающие измельчение и захват кормовой массы во время вращения. Фрезерный барабан крепится к стреле и при помощи двух гидроцилиндров подаётся в рабочую зону. Стрела шарнирно соединена с бункером кормораздатчика.

Для обеспечения оптимальных режимов загрузки скорость опускания фрезерного барабана регулируется при помощи гидравлического клапана. Для обеспечения возможности загрузки кормовой массы в бункер кормораздатчика с различных высотных уровней (от 0 до 4,5 м) фреза имеет возможность реверсивного вращения. При помощи фрезы загрузочной производится операция фрезерования и загрузки таких кормов как силос, сенаж, зелёная масса, сено и солома, уложенных соответствующим образом. Для этого кормораздатчик подаётся трактором задним ходом на расстояние около 1,5 м. до плоскости реза кормовой массы и при помощи фрезы производится её фрезерование и загрузка в бункер. Фрезерование происходит только в направлении сверху вниз. Другие компоненты кормовой смеси загружаются с помощью погрузчиков или вручную через окно, расположенное с задней стороны бункера.

Установка грейферного загрузчика позволяет механизировать загрузку в смесительный бункер кормораздатчика длинноволокнистых компонентов кормосмеси (рис. 46, вариант Б). Грейфер смонтирован на задней стенке базового кормораздатчика. Такое расположение грейферного загрузчика не увеличивает габариты машины по высоте и ширине в транспортном положении, как это происходит в импортных аналогах, где грейфер располагается сбоку. Важнейшим преимуществом заднего

расположения грейфера является возможность осуществлять подачу кормораздатчика задним ходом трактора в зону загрузки, в том числе и в траншеи для силоса/сенажа. Угол поворота грейфера – 240 ° (против 170 ° у импортных аналогов), максимальная высота вылета стрелы – 3200 см, грузоподъёмность – 300 кг. Грейфер приводится в действие автономной гидросистемой кормораздатчика и управляется одним трактористом-оператором из зоны установки.

Сохранить структуру длинностебельчатого корма и не нарушить уплотнение спрессованного силоса по линии забора позволяет оснащение кормораздатчика механизмом загрузки ножом. Механизм резки-загрузки прост в обслуживании и надёжен в эксплуатации благодаря простому приводу без узлов передачи. Самозагружающийся раздатчик такого типа с ковшем округлой формы и высотой резки до 4,0 м способен за один приём отрезать как минимум 3,5 м³ силоса. Механизм загрузки также хорошо справляется с резкой рулонов (рис. 46, вариант В).

Самоходные миксеры практически всегда комплектуются загрузочными фрезами для самозагрузки из силосных и сенажных хранилищ с одновременным дополнительным измельчением (доизмельчением) основных кормов и из буртов – сыпучих ингредиентов рациона. Миксеры могут отличаться друг от друга вместимостью технологических бункеров для загружаемых в них основных кормов и системой загрузки (рис. 47).



Рисунок 47 – Самоходные раздатчики с режущим щитом и фрезой

Оригинальная система забора корма для самоходных кормосмесителей фирмы «Strautmann» сочетает в себе преимущества известных систем с режущим щитом и/или блочным резаком/фрезой. В то время как силос без повреждения структуры срезается из бурта режущим щитом, а затем без механической нагрузки подаётся через тупой, снабжённый червяными секторами подающий валец на элеватор, откидывание режущего щита позволяет подавать сыпучие материалы прямо на валец. Это дает, с одной стороны, питательно-физиологические преимущества благодаря сохранению структуры корма при заборе из силосного бурта и, с другой стороны, сохранить экономико-трудовые преимущества

классического способа забора корма с помощью фрезы.

Самоходные кормосмесители являются наиболее совершенными машинами, совмещающими в себе мобильность, универсальность, гибкость в применении, простоту и комфортность при работе, сочетание преимуществ заборной фрезы, высокопроизводительного вертикального или горизонтального миксера и подвижность автомобиля.

Весовое устройство практически во всех моделях кормораздатчиков-смесителей содержит тензодатчики и электронный блок. Электронный блок, используя информацию от тензодатчиков, вычисляет значения массы кормов в бункере и отображает его на цифровом табло, а также содержит программное устройство, позволяющее задавать пороговые значения массы нескольких (до 20) ингредиентов (программу составления кормосмеси), при достижении заданных значений массы ингредиентов подавать звуковой сигнал и тем облегчать процесс изготовления кормосмеси.

В целях повышения эффективности управления кормлением используется система контроля работы оператора кормораздатчика. Подключенный к тензорному весовому устройству кормораздатчика-смесителя, электронный блок определяет отклонение фактически загруженного количества отдельных видов корма от номинальной дозы. Отключая возможность загрузки очередного ингредиента рациона при недостаточном количестве предыдущего, система корректирует состав кормосмеси.

Программа управления позволяет контролировать и управлять в автоматическом режиме продолжительность перемешивания компонентов, а также осуществлять дистанционный контроль работы кормораздатчика. Дооснащение кормораздатчика системой телеметрической передачи информации на компьютер позволяет при соответствующем программном обеспечении объединить общий процесс, разработку рациона, определение порядка загрузки кормов и продолжительности смешивания, осуществить строгий контроль времени загрузки и раздачи (рис. 48). Комплексная система позволяет исключить возможность ошибок и некорректного выполнения производственных операций по приготовлению кормосмесей и раздаче их соответствующим группам животных.

Составленные на персональном компьютере рационы передаются на весовой микрокомпьютер кормосмесителя. Оператор кормосмесителя выбирает нужную группу животных, для которой будет готовиться кормосмесь. Микрокомпьютер сам определяет общий вес к загрузке и вид первого компонента с расчётом веса, который надо загрузить. После загрузки первого компонента система автоматически переходит на второй компонент и определяет необходимый вес к загрузке. По

является применение роботизированных устройств, перемещающихся вдоль кормового стола по направляющим [9]. Например, «Заманивающий робот» Lockboy (по-нем. Lockfütterung), выполняет функцию подсыпания комбикорма, привлечение животных к более частому потреблению пищи с кормового стола. Рационы и время выдачи подкормок вносятся в специальный контроллер, который после программирования может управлять устройством без правок в течение нескольких дней. Передвигается робот по лёгкой, монтируемой под крышей несущей стальной ленте-пластине (с приводом ходового электромотора) (рис. 49, вариант А). Более сложным и многофункциональным является робот Butler Silver (Wasserbauer GmbH), опирающийся на внешнее колесо и направляющий рельс над кормовым ограждением с электроприводом от токосъемника. Он выполняет три функции. Во-первых, поддерживает в проходах фермы, примыкающих к кормовым столам, чистоту и порядок. Во-вторых, сдвигая кормосмеси ближе к кормовым ограждениям, освежает внешний для животных край кормовой ленты, что само по себе поддерживает у коров интерес к лежащим перед ними грубым кормам. И в-третьих, толкатель оснащен контейнером для переноса и раздачи концентратов (комбикормов, минералов и других сыпучих компонентов рациона) боковым винтовым конвейером с внешним навесным ограничителем. Высыпает их полосой на внешнюю сдвинутую часть кормовой ленты и, тем самым, сокращает до нуля кормовые отходы. Робот комплектуется угловым отвалом прямоугольного типа, оборудованным вертикальной крупношаговой рифленой лентой с верхним электроприводом, вращающейся в любую сторону, способствующую ускорению работы (рис. 49, вариант Б).



Рисунок 49 – Схема роботизированных устройств раздачи комбикорма:
 а – робот, выполняющий функцию подсыпания комбикорма на кормосмесь;
 б – комбинированный робот подсыпающий комбикорм и подталкивающий кормосмесь

При беспривязном способе содержания коров наиболее комплексно задача многократного скармливания концентратов малыми дозами

решается применением автоматической системы управления (АСУ) кормления и автоматических кормовых станций. Кормовые станции представляют собой систему трубопроводов, идущих от бункеров, содержащих концентрированные корма (у нас в республике чаще всего это один вид, а за границей до 4 различных видов кормов), и приёмную станцию. При использовании таких станций нормированное кормление лактирующих коров с учётом фактической продуктивности осуществляется по заданной программе после каждого дня доения, а сухостойных – индивидуально, по отдельной программе. Раздой коров производится по программе на основе алгоритмов, определяющих оптимальное количество концентрированных кормов для авансирования предполагаемой продуктивности при различных удоях и на разных отрезках кривой лактации. Автоматические кормовые станции позволяют выдать животному суточную норму комбикорма (сверх количества, включенного в кормосмесь) не более 1 кг в виде нескольких разовых доз – от 80 до 200 г с частотой их выдачи 15-20 с.

Кормовые станции располагаются в секциях рядом с боксами для отдыха, в местах свободного выгула или в проходах, или на специально оборудованных площадках (рис. 50).

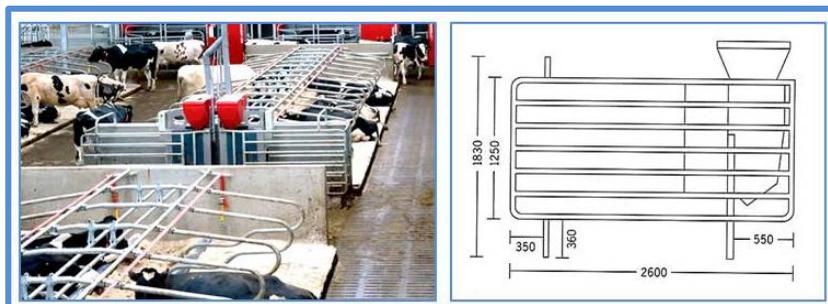


Рисунок 50 – Общая схема кормовой станции

Связь между программным обеспечением, которое устанавливается на компьютер, и оборудованием осуществляется обычно с помощью проводной, реже – беспроводной связи, в том числе за счёт карманных коммуникаторов с облегчённой версией программы. Определить, с каким именно животным работает кормовая станция, позволяют ушные, ножные или шейные транспондеры, а также антенны, вступающие во взаимодействие с идентификатором, когда животное подходит на определённое расстояние.

Преимущества автоматизированных кормовых станций является точный индивидуальный расчёт концентратов на животное. Это помогает экономить до 300 г кормов на каждом животном ежедневно, что

позволяет сократить расходы на дорогостоящие концентрата на 20-30 %. Помимо этого, установка кормовых станций способствует более рациональному использованию места в коровнике: не надо разбивать коров по группам кормления.

Проведённые Тимошенко В.Н. и др. [14] исследования позволили выявить особенности адаптации животных к автоматизированной системе управления технологическими процессами и определить эффективность скармливания концентратов (табл. 17).

Таблица 17 – Молочная продуктивность коров

Показатели	Группы	
	I (опытная)	II (контрольная)
Среднесуточный удой, кг	21,35	18,6
Количество молока в среднем за месяц, кг	643,1	568,4
Удой молока за 305 дней лактации, кг	5950	5368

На основании анализа экспериментальных данных сравнения продуктивности животных двух групп (коровы II лактации), одна из которых содержалась на ферме с АСУ ТП и получала концентраты из автоматических кормовых станций, а вторая на ферме с традиционным беспривязным содержанием и выдачей концентратов на доильной площадке установлено, что различные режимы скармливания концентрированных кормов оказали определённое влияние на молочную продуктивность. Как показали полученные данные, среднесуточный удой был выше на 2,75 кг у коров I группы, пользующихся автоматической кормовой станцией, по сравнению со сверстниками контрольной группы. Величина удоя за месяц по сравнению с контролем была также выше на 74,7 кг и в целом за лактацию на 582 кг, или на 11 %. Это можно объяснить индивидуальным нормированным скармливанием концентрированных кормов: пищевые и лактационные реакции у коров находятся в антагонизме. После скармливания концентратов в крови падает уровень глюкозы, так как повышение инсулярной активности крови увеличивает поступление глюкозы во внутриклеточную среду. Уменьшение содержания глюкозы в крови тормозит секрецию молока в вымени. Участие инсулярного аппарата в распределении питательных веществ ведёт к увеличению доли использования их тканями тела за счёт уменьшения той части, которая должна пойти на образование молока.

Таким образом, кормление коров концентратами из кормовых станций до или после доения в биологическом отношении является наиболее рациональным, так как достигается равномерное поступление питательных веществ из пищеварительной системы в кровь. Ассимиляция корма идёт постоянно малыми порциями и в результате повышается

усвояемость питательных веществ и увеличивается молочная продуктивность. Кроме того, применение автоматических кормовых станций позволяет существенно экономить концентрированные корма. Так, затраты концентратов на получение 1 ц молока составили 0,29 ц к. ед. в первой группе и 0,41 во второй (табл. 18).

Таблица 18 – Расход и затраты концентрированного корма

Показатели	Группы	
	I	II
Суточный расход концентратов, кг	6,40±0,56	5,61±0, 48
Расход концентратов за месяц, кг	196±17,1	172±15,9
Затраты концентратов на получение 1 л молока, кг	0,311±0,031	0,360±0,057

Экономия концентрированного корма основана на том, что коровы контрольной группы нерационально получали концентраты. Кроме того, продолжительность пребывания каждой коровы в станке доильной установки не соответствовала тому времени, которое должно затрачиваться на получение дозы комбикорма. При средней скорости потребления комбикорма 5,34 г/с и средней продолжительности пребывания в станке 5 мин 24 с корова способна потребить за одно кормление 1,7 кг корма. А это количество может удовлетворить при двукратном кормлении только коров со среднесуточной продуктивностью до 11 кг. Коровы с более высокой молочной продуктивностью на доильных установках будут недокармливаемы и недодадут значительное количество продукции. В то же время, в опытной группе каждая корова съедала количество концентрированного корма, близкое к оптимальному. При оптимальной дозировке экономия концентрированного корма в год при годовой молочной продуктивности в 6000 л составит 294 кг на одну корову.

Оценивая важность автоматизации процесса раздачи концентрированных кормов на фермах с беспривязным содержанием, В.Г. Самосюк и др. (2012) указывают на целесообразность включения станции кормления коров СКА-25 в систему перспективных машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства основных видов продукции животноводства и птицеводства [74].

Вершиной эволюции кормовых систем (систем кормления) на данный момент можно назвать *автоматические системы кормления*, которые в большинстве случаев сами загружают корм и полностью берут на себя функцию его раздачи. Такие роботизированные кормораздатчики В. Алешин-Вдовенко [9] предлагает сгруппировать по принципу использования в три типа:

- опирающиеся на низко расположенный направляющий рельс и 2-4 опорных колеса (транспортная инфраструктура монтируется в

существующих помещениях ферм);

- передвигающиеся по направляющим монорельсам в полностью подвешенном состоянии (данная транспортная инфраструктура требует разработки новых проектов ферм);

- автономные, самозаряжающиеся, предназначенные для работы в магнитных «коридорах» заливных бетонных полов межстойловых проходов, коридорах из датчиков в полу и космонавигационных средах (часть изделий уже эксплуатируется, другая часть пока существует в виде концептов).

К первому типу устройств, перемещающихся не в подвешенном состоянии, а лишь опирающихся на направляющие рельсы и двигающихся по бетонным полам на резиновых колесах, может быть отнесён кормовагон MixMeister 3000 Know How, осуществляющий раздачу кормосмесей, подкормку животных концентратами и уборку кормовых столов (рис. 51). Он комплектуется бункером для смешивания грубых кормов а, при необходимости, концентратов, минералов и витаминов. Кормораздатчик оснащается вертикальным смешивающе-измельчающим шнеком с 4-мя самозатачивающимися ножами. На дне бункера расположена задвижка, открывающая донное выгрузное отверстие (процесс «формирования желобовидного углубления») для перемещения потока приготовленной кормовой смеси на поперечный ленточный транспортер робота с открытием заслонки/шибера в любую сторону. Кроме того, у MixMeister имеется одна или две ёмкости с внутренними мешалками и трубообразными конвейерами в обе стороны, используемыми для раздачи мелко гранулированных концентратов, минералов или комбикормов.



Рисунок 51 – Схема роботизированного кормораздатчика MixMeister 3000 Know How

В поддонном пространстве MixMeister имеется скрепер/скребок, который опускается на пол прохода под углом к кормовому столу, если робот ходит по широкому проходу с разворотом, сгребаящий с центральной полосы прохода разбросанную в процессе поедания кормосмесь ближе к кормовому ограждению. Низко расположенный

направляюще-поддерживающий рельс на повороте в тупике, например, с периодически (ежедневно) используемыми воротами из помещения на улицу, может подниматься (складываться) для пропуски по проходу транспортных средств. После индивидуального программирования робот кормления MixMeister может обслуживать несколько помещений.

Автоматические системы кормления второй группы могут раздавать как концентрированные, так и грубые корма, а также их смесь – полностью смешанный монокорм.

Кормовагон представляет собой бункер, перемещающийся внутри коровника по монорельсу, смонтированному на потолке. Кормовагоны могут работать либо от аккумуляторной батареи либо перемещаться по силовому рельсу, непосредственно к которому подведено питание, иметь собственную систему смешивания, дозирования и учёта ингредиентов (рис. 52).



Рисунок 52 – Схема использования подвесных кормовагонов

В случае использования обычного подвешенного рельса кормовагон будет только выгружать, а все настройки и гомогенизация смеси – выполняться в стационарном смесителе. Приготовление кормовой смеси для крупного рогатого скота происходит в стационарном миксере, а загрузка его осуществляется, как правило, в торце коровника с помощью системы загрузочных транспортёров или погрузчика. Компоненты кормовой смеси поступают в миксер из специальных бункеров, которые наполняются силосом, сенажом, сеном или концентратами один или два раза в сутки. Вагон, управляемый программным продуктом (системой управления стадом), движется по коровнику параллельно кормовому столу и раздаёт корма в соответствии с заданием, то есть действует аналогично миксеру-кормораздатчику, только без участия человека. Это полностью автоматизированная система, которая может не только

дозировать и смешивать, но и раздавать корма. Интеллектуальная цифровая система управления, интегрирующая локальные модули контроля физиологического состояния, анализа продуктивности, роботизированного доения и кормления в единый автоматизированный централизованный блок управления задаёт в программе кормораздатчика частоту раздачи, нормы, положенные тем или иным животным, и набор ингредиентов. Остальное система делает сама.

Третью группу составляют автономные самозаряжающиеся кормовагоны, движение которых управляется и контролируется с помощью системы считывания маркеров в полу. Начало и конец кормового фронта каждой физиологической группы коров обозначены специальными маркерами на подвесном рельсе. По мере движения кормовагон считывает ёмкостными датчиками маркеры с рельса и действует согласно заложенной программе. В связи с этим, размещение животных в коровнике и очередность раздачи рационов по группам следует проводить с учётом задания оптимальной траектории движения вагона. Так, например, в системе автоматического кормления Lely Vector робот-кормораздатчик выезжает на маршрут и движется к тому кормовому столу, где он должен её раздать, ориентируясь по прикрепленным к полу металлическим полосам. В стойловом помещении система навигации обеспечивает движение робота-кормораздатчика вдоль кормового стола на заранее заданном расстоянии, ориентируясь на данные ультразвуковых датчиков (рис. 53).



Рисунок 53 – Схема управления движением автономных кормовагонов

У кормовагонов GEA (Mullerup) путь к кормовым группам задается с привязкой к метражу коровника и весу кормов. То есть в программу следования кормовагона вносятся данные о расположении животных конкретной группы и их численность. Соответственно, учитывая протяженность группы, вагон раздаёт всю имеющуюся на борту смесь.

По принципу загрузки компонентов рациона можно выделить два типа кормовагонов: первый комплектуется стационарным кормосмесителем и транспортной системой загрузки, имеющий большой бункер для грубых кормов, ёмкость меньшего объёма для концентратов; второй представляют устройства, в которых грубые и концентрированные корма загружаются и смешиваются непосредственно в бункере.

Стационарная автоматическая система кормления первого типа включает подвесные кормовагоны, оборудование для обеспечения перемещения их над кормовым столом, агрегаты для смешивания кормов и их загрузки в бункер раздатчика (рис. 54).

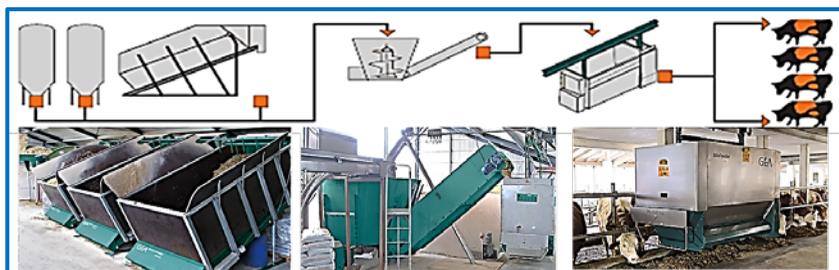


Рисунок 54 – Схема использования подвесных кормовагонов

Кормовагон представляет собой бункер, перемещающийся внутри коровника по монорельсу, смонтированному на стойках и потолке. Приготовление кормовой смеси для крупного рогатого скота происходит в стационарном миксере, а его загрузка осуществляется с помощью комплекта загрузочных транспортеров. Компоненты кормовой смеси поступают в миксер из специальных бункеров, которые наполняются силосом, сенажом, сеном или концентратами один или два раза в сутки.

В роботизированной системе кормления DeLaval Optimat™ II master приготовление кормосмеси осуществляет стационарный вертикальный миксер VSM. Вертикальный миксер активизирует шнек и конвейер для автоматической загрузки компонентов кормовой смеси и комбикорма в бункер кормораздатчика серии RA 135 для дальнейшей раздачи корма животным (рис. 55). В установленное время стационарный миксер загружается компонентами корма, хранящихся на буферных столах или в бункерах: стебельчатые корма, концентраты и минералы могут составлять один из многих различных видов комбикормов. После приготовления корма в смесителе готовая кормовая смесь загружается наклонным транспортером в кормораздатчик «DeLaval» RA135 или «DeLaval» OTS100, которые распределяют смесь по кормовому столу. Optimat master может использоваться для кормления различных групп коров с конкретным рационом для каждой из групп. Рационы автоматически

приготавливаются и многократно раздаются животным в течение суток. Единственным условием бесперебойной автоматической работы является необходимость постоянно поддерживать заполненные компонентами кормовой смеси буферные столы.



Рисунок 55 – Роботизированная система приготовления и раздачи кормов DeLaval Optimat™ II master фирмы DeLaval

Помимо высвобождения трудовых человеческих ресурсов в числе преимуществ подобных автоматизированных систем выступает экономия площади для строительства коровника: обычно кормовые столы имеют ширину 5-6 м, чтобы обеспечить нормальное прохождение техники, а при использовании рельсовых коромовагонов кормовой проход можно быть до 3,5 м максимум. Как правило, автоматическая система кормления второго типа состоит из места для временного хранения кормов с устройством загрузки и робота, выполняющего операции по смешиванию и раздаче корма. Например, система автоматического кормления Lely Vector состоит из «кухни» и робота кормораздатчика (рис. 56).



Рисунок 56 – Автоматизированная система кормления Lely Vector

Хранящиеся на кухне корма грейфер, в зависимости от заданного плана кормления, отбирает в необходимом количестве и помещает в робот-кормораздатчик, где происходит смешивание кормосмеси. После

этого кормораздатчик следует по запрограммированному маршруту и раздаёт корм. За один маршрут он раздаёт до 600 кг кормосмеси и способен запоминать до 16 различных рационов.

В свободное время кормораздатчик также движется по маршруту и подталкивает корм там, где это необходимо и постоянно осуществляет измерение остатков корма. Функция измерения количества корма, оставшегося на кормовом столе, позволяет роботу-раздатчику определять, когда следует выдать свежий корм, а когда просто его подтолкнуть. В случае, если корма на кормовом столе осталось меньше допустимого значения, кормораздатчик отправляется на кухню, где будет приготовлена новая порция кормосмеси. По такой же схеме загрузки, смешивания и раздачи работает система автоматического роботизированного кормления Triomatic T30 (рис. 57).



Рисунок 57 – Автоматизированная система кормления Triomatic T30

Кормохранилище Triomatic T30 включает в себя один или несколько подающих бункеров для грубых кормов, которые необходимо загружать с помощью захвата для силоса. Днище каждого из бункера выполнено в виде транспортера, перемещающего размещённый корм к передней торцевой части отделения, над которой установлена подвижная режущая система, производящая выемку заданного количества корма. Отобранные исходные компоненты кормосмеси транспортером подаются в подвесной робот-кормораздатчик. При этом корма поступают в бункер дозированно, в строгом соответствии с запрограммированным рецептом благодаря наличию в работе электронной системы взвешивания. Кроме того, в робот-кормораздатчик Triomatic можно загружать добавки и концентраты из других контейнеров или бункеров. Благодаря специальной конструкции, предусматривающей наличие горизонтального грузочного отсека большой ширины, кормовой бункер можно легко загружать фронтальным погрузчиком или ковшом, установленными на тракторе.

Кормосмесь готовится системой измельчения-смешивания,

выполненной в виде двух вертикально установленных шнеков. Все перемещения робота-кормораздатчика осуществляются по монорельсу, снабжённому токопроводящей шиной. Работа системы управляется и контролируется компьютером с помощью специально разработанной программы, которая позволяет выбирать рационы кормления, время и периодичность кормления по группам животных.

В Беларуси первый робот кормления Triomatic T30 установлен на ферме филиала «Мазолово-агро» ОАО «Витебскоблгаз». Группы коров получают точно дозированный корм в определённое время несколько раз в день, без ущерба личному времени работников фермы. Данная система также оснащена функцией подталкивания розданного корма животным.

В автоматическом смесителе-кормораздатчике Innovado фирмы «Schuitemaker Machines B.V.» перемещение осуществляется не по подвесным направляющим, а в автономном режиме по принципу мобильных смесителей-кормораздатчиков с использованием современных систем управления движением (рис. 58).



Рисунок 58 – Роботы-кормораздатчики мобильного типа с шасси

При этом выемка корма из силосных буртов и его загрузка в бункер установки осуществляются блочной силосорезкой, размещённой на стреле с регулируемой длиной вылета. Корма готовятся в бункере робота, оснащённом вертикальной системой измельчения-смешивания. Раздача корма может осуществляться на обе стороны ленточным поперечным транспортером без регулировки высоты разгрузки (т. е. в основном на кормовой стол). Шасси, на котором размещены все рабочие органы робота, имеет четыре колеса с полным приводом и возможностью управления направлением движения каждого колеса в отдельности. Привод осуществляется от электродвигателя с аккумуляторной батареей.

Система управления обеспечивает выполнение в автоматическом режиме всех технологических операций выемки, приготовления и раздачи кормосмеси, а также перемещение робота по заданному маршруту. Маршрут для Innovado задается путём размещения под поверхностью дорожного полотна специальных индукционных датчиков. На самом

роботе установлены сенсоры, которые, взаимодействуя с датчиками и с помощью гироскопа, обеспечивают перемещение установки в заданном направлении и по установленному маршруту. Безопасная эксплуатация Innovado обеспечивается за счёт установленного на нём лазера, который сканирует близлежащее пространство на предмет присутствия людей, животных и других объектов. Если они встречаются на маршруте, движение робота останавливается.

Программное обеспечение системы управления позволяет Innovado осуществлять забор кормов из нескольких хранилищ, обслуживая при этом различные группы животных в разных помещениях и приготавливая им соответствующие каждой из групп рационы кормосмесей.

Наличие таких кормораздатчиков позволяет снизить трудозатраты и экономить дизельное топливо, работая на электричестве и передвигаясь от аккумуляторных батарей. Экономия составляет до 10 тыс. литров дизельного топлива в год и до 6 тыс. рабочих часов в год по сравнению с традиционными способами кормораздачи. Благодаря строгому контролю за рационом кормосмеси и временем её выдачи поддерживается здоровье рубца животного, что напрямую влияет на удои. Кроме того, для движения кормораздатчика не требуется сложного переоборудования коровника, он осуществляет движение по кормовому столу автономно без установки направляющих или рельс.

Управление потреблением корма. Корова в среднем потребляет корм 12 раз в день и тратит на один раз около 25 минут. Почти 5 часов корова стоит у кормового стола. Определённые коррективы в организацию доступа животных к корму вносит и широкое использование полностью смешанных рационов (ПСР), требуя беспрепятственного перемещения коров и свободного доступа их к кормовому столу. Кормовой стол следует располагать так, чтобы, с одной стороны, коровам было удобно поесть корм, а с другой – было бы эффективным применение современных средств механизации процесса раздачи.

Коровы в природных условиях (на пастбище) предпочитают есть с наклонённой головой. Это увеличивает ток слюны на 17 %. Поверхность, с которой корова потребляет корм, должна быть на 15 см выше поверхности, на которой она стоит. Поверхность потребления корма должна быть гладкой и вентилируемой. Следовательно, кормовой стол, а не кормушка, может обеспечить свежесть корма аналогично пастбищу. Во время поедания корова не должна холкой упираться ни в какую поперечину. Это, как правило, заставляет её преждевременно прекращать поедание корма. Недостаточность фронта кормления, узкие проходы к кормовому столу забирают «рабочее время» у продуктивных коров, которые подходят обычно вторым заходом, что приводит к падению продуктивности. Поэтому важно правильно выполнить кормовой

стол, иначе потребление корма коровой не достигнет желаемого уровня.

Размер и оформление кормового стола особенно важны. Внизу кормового стола со стороны подхода коров должен быть сделан порог высотой 20 см, которым на стороне места для кормления направляют скрепер, удаляющий навоз, а на стороне раздачи кормов предотвращают попадание их под ноги животным.

При использовании всех разновидностей беспривязного способа содержания крупного рогатого скота, кроме комбикормового, необходимы ограждения кормового стола от кормового прохода. Основное назначение этих ограждений – исключить проникновение животных на кормовой стол, но, вместе с тем, обеспечить беспрепятственный доступ к корму, как высокопродуктивным животным, так и всем другим.

Исключение проникновения животных на кормовой стол, но, вместе с тем, обеспечение беспрепятственного доступа к корму, как высокопродуктивных животных, так и коров «нижнего ранга» обеспечивает ограждение кормового стола от кормового прохода. Кроме этого, некоторые конструкции ограждений выполняют функцию фиксации животных у кормового стола, уменьшают разбрасывание ими корма, снижают потери кормов. Конструкция ограждения кормового стола должна способствовать правильному положению тела животных во время приёма корма. Поверхность кормового стола должна быть по возможности гладкой, так как корова многократно в течение дня скользит языком по этой поверхности, подбирая пищу. При еде более нежная сторона языка, которую легче всего поранить, касается поверхности кормового стола. Подбор пищи на кормовом столе осуществляется так же, как и захват пучка травы на пастбище. Использование пластика, керамической плитки, нанесение специального покровного слоя делает гладкой и износостойкой поверхность кормового стола, снижая риск повреждения языка.

Кормовая смесь имеет влажность порядка 60-70 %. Влага впитывается в верхний слой бетона кормового стола, в нём начинают размножаться микроорганизмы. Наличие микроорганизмов в верхнем слое бетона способствует образованию плесени, порче кормов, повышению риска попадания непригодного для скармливания корма в желудочно-кишечный тракт животных.

С целью улучшения поедаемости на поверхность кормового стола в досягаемой животными части (так называемом радиусе кормления, который на обеих сторонах стола составляет 0,8-1 м) наносится специальное покрытие (рис. 59, вариант А). Поверхность кормового стола покрывают эпоксидным пищевым составом. При этом используется технология устройства так называемых наливных полов: специальной машиной с фрезой выравнивается и несколько заглубляется ложе

будущего кормового стола. Полученное таким образом ложе заливается эпоксидным составом. После затвердевания, образуется абсолютно гладкая и водонепроницаемая поверхность, невосприимчивая к проникновению в её структуру бактерий, грибов, а также моющих средств и воды, используемых при уборке кормовых столов, что гарантирует долговечное использование полимерного покрытия пола. Наливной эпоксидный слой может быть заменён системой полимерного покрытия, крепящегося к бетону специальными алюминиевыми профилями. Рулонное покрытие устойчиво к действию кислот и щелочей, сохраняет гладкую поверхность, ограничивает возможность загрязнения корма (рис. 5, вариант В). Быстрая и простая укладка, возможность использовать сразу после монтажа позволяет применять покрытие на действующих фермах, не нарушая установившийся производственный цикл. Эффективно обеспечивать требующуюся гладкую, устойчивую к действию кислот и щелочей поверхность, ограничивать возможность загрязнения корма позволяет укладка керамической плитки на поверхность кормового стола (рис. 59, вариант Б). Но при этом необходимо учитывать, что возможные сколы в процессе эксплуатации могут травмировать язык коров.



Рисунок 59 – Кормовой стол с полимерным покрытием (а); с покрытием из керамической кислотоустойчивой плитки (б); с рулонным полимерным покрытием (в)

Различают следующие виды ограждений комового стола.

Простое ограждение представляет собой надголовный ограничитель в виде круглой стальной трубы. Она закрепляется на стойках на определённой высоте от поверхности, на которой стоят животные, но не от поверхности кормового стола (рис. 60, вариант А). Затылочная труба простого ограждения, сдерживая животных, тянущихся за кормом, может оказывать причиняющее боль давление в области последнего шейного позвонка животного, ограничивая, таким образом, зону доступа к корму.

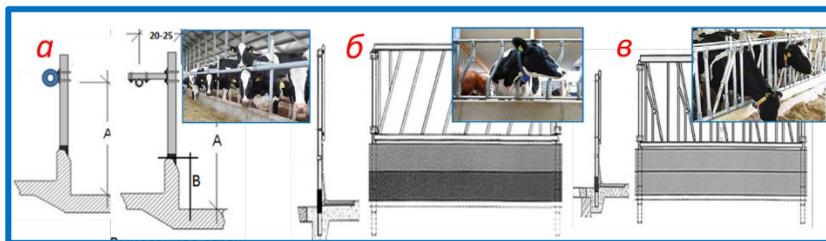


Рисунок 60 – Схемы вариантов кормового ограждения

Для того чтобы животные не натирали холку, доставая корм, надхолодную трубу несколько смещают в сторону кормового стола. Смещение (вынос) обеспечивается дополнительными кронштейнами, закреплёнными на стойках ограждения. Вынесенная вперёд надхолодная труба препятствует высокому подъёму головы животных и разбрасыванию корма по кормовому проходу. Высота расположения трубы и её вынос в сторону кормового стола должны строго соответствовать высоте в холке животных, содержащихся в данной секции. Размещение шейной перекладины можно рассчитать по формуле

$$A = X * 0,5 + B,$$

где А – высота шейной перекладины над проходом (см); Х – высота в холке (см); В – высота бортика кормового стола (см).

Ориентировочно высота установки ограничителя должна составлять 85 % высоты животного. Для взрослых коров чёрно-пёстрой породы, в зависимости от массы животных, трубу устанавливают на высоте 1100-1200 мм от поверхности кормонавозного прохода с выносом 250 мм.

Достоинствами, как простого ограждения, так и модернизированного его варианта с выносом надхолодной трубы, являются простота и дешевизна. Однако следует учитывать, что при поедании корма животные могут заступать за бортик кормового стола, загрязняя корм. Ограждение также допускает попадание корма под ноги животных.

Диагональное ограждение или Z-образные кормовые решётки являются оптимальным решением при необходимости ограничения передвижения животных вдоль кормовой линии (рис. 60, вариант Б). Они просты по устройству, снижают разбрасывание и потери корма.

Фиксирующее ограждение применяется при беспривязном содержании животных, предназначено для кратковременной фиксации животных во время кормления, для осеменения, осмотра и проведения незначительных ветеринарных работ (рис. 60, вариант В).

В решётках с фиксирующими элементами можно их запереть в вертикальном положении, повернув рычаг устройства. В таком положении животные не могут вытащить голову из решётки и остаются зафиксированными у кормового стола, что облегчает работу персонала при

проведении зооветеринарных мероприятий. Конструкция данной решётки предполагает как групповую, так и индивидуальную фиксацию. Также есть возможность одновременного освобождения всех зафиксированных животных с помощью рычага. Кроме возможности фиксации животных, к достоинствам запирающихся кормовых решёток следует отнести уменьшение разбрасывания и потерь корма.

Для более удобного доступа к корму решётка монтируется с наклоном верхней части в сторону кормового стола на 15-20 см (рис. 61). Наклонное ограждение позволяет корове прислоняться к вертикальным трубам и стоять в удобном положении. Радиус возможного захвата корма при этом увеличивается до 1,5 м. Вместе с тем, таким ограждением присущи и недостатки: высокая металлоёмкость и стоимость, а также строго ограниченное число коров, которое может разместиться у кормового стола. В связи с этим, запирающуюся кормовую решётку ставят иногда не вдоль всего кормового фронта, а только по одному фрагменту в секциях, предназначенных для пребывания коров в ожидании искусственного осеменения или ветеринарных обработок. Обычно такими устройствами оснащается не более 10-20 % кормомест. В таком случае возникает необходимость подгона животных к кормовому столу для фиксации. Следует отметить также, что применение запирающейся кормовой решётки лишает зафиксированное животное возможности избежать агрессии со стороны незафиксированных животных даже более низкого ранга, что приводит к стрессам и травмам.

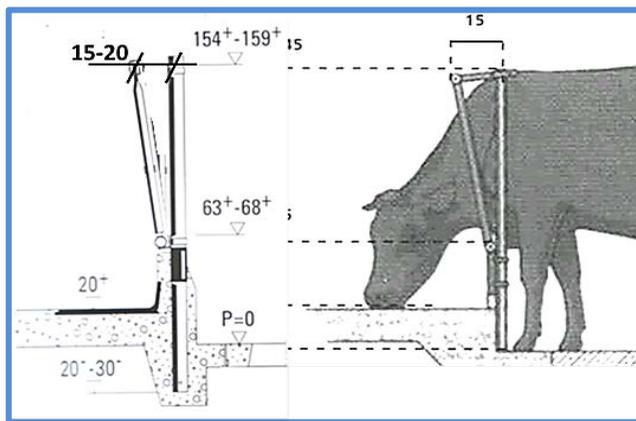


Рисунок 61 – Схема наклонного кормового ограждения

Высота бортика кормового стола – ещё один важный фактор. Она должна быть 50-55 см от уровня стойла. Толщина бортика кормового стола должна быть удобной для коров и составлять не более 12 см. Край

должны быть гладкими и закругленными. Более простой и в то же время эффективной конструкцией является установка вместо бортика доски. Не испытывая больших механических нагрузок, доска удерживает корм и не препятствует доступу к нему. Практика показывает, что простым приёмом периодического подталкивания корма к кормовой решётке формируется эффект постоянного наличия свежего корма на кормовом столе. Постоянная доступность кормов способствует более активному передвижению коров и побуждает их чаще подходить к кормовой решетке. Это ведёт к повышенному потреблению грубых кормов. Даже стоящие ниже по рангу животные имеют доступ к свежим кормам, после того как коровы более высокого ранга уже съели свой рацион. Производство молока увеличивается, стадо становится более активным.

Производители роботизированного оборудования для животноводческих ферм предлагают различные по принципу действия по управлению движением системы периодического подталкивания корма к кормовой решетке (рис. 62). Например, система DeLaval OptiDuo™ смешивает корм при его перемещении на кормовом столе (рис. 62, вариант А). Вращающийся шнек обеспечивает перемещение корма к кормовому ограждению, заполнение всех свободных мест, что делает корм намного более привлекательным для коров. Таким образом, повторно перемешанная кормосмесь ведёт к уменьшению возможности сортировки коровами, так как это уже не те же, отброшенные коровами остатки, которые просто подталкиваются им обратно. В дополнение к снижению конкуренции и давления на коров низшего ранга возле кормового стола, уменьшается общий объём потерь кормов, а также экономится время, требуемое для удаления остатков корма. Устранив этот цикл «подталкивание-сортировка-отбрасывание», OptiDuo™ увеличивает потребление кормов, а значит уменьшает остатки на кормовом столе.



Рисунок 62 – Варианты роботов-подталкивателей корма

Фирмой Lely предложен робот, основная функция которого заключается в передвижении кормосмеси на кормовом столе в зону наиболее удобного доступа для животных. Устройство, приводимое в движение электродвигателем с питанием от аккумулятора, перемещается по фронту кормления со скоростью 12 м/с и может реализовывать 16

различных режимов кормления (рис. 62, вариант Б). Функциональные возможности системы управления позволяют отказаться от использования направляющих над кормовой решеткой. Сдвигание корма в зону досягаемости его животными осуществляется за счёт вращения рабочего органа цилиндрической формы с приводом от электродвигателя (высота рабочей поверхности 60 см), роль которого выполняет наружный кожух корпуса 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 кормовой решетки. Решение этих задач обеспечивается путём оснащения его измерительными техническими средствами (для получения первичной информации) и бортовым компьютером с соответствующим 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 размещённых на приводных колесах датчиков (подсчитывают число оборотов колес). Расстояние робота от кормовой решётки по мере его продвижения по кормовому проходу непрерывно контролируется ультразвуковым датчиком. Задание маршрута движения робота выполняется вручную путём программирования бортового компьютера с помощью портативного контроллера E-link. На маршруте движения робота размещается станция для подзарядки аккумулятора, путь к ней 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. После того как маршрут задан, Juno может выполнять его в автоматическом режиме через установленные интервалы времени (от 30 мин и более – в зависимости от условий работы).

Применение роботов-подталкивателей кормов Lely Juno, несмотря на их высокую стоимость, за счёт повышения эффективности использования кормов и роста продуктивности окупаются за 0,6 года [32].

Робот-подталкиватель кормов Cow-Vou компании «СА Кристенсен и Ко» осуществляет перемещение корма скребком, расположенным под углом к направлению движения. Может быть адаптирован к любому коровнику (рис. 62в). Робот не может заблудиться. Направляющий провод 3 мм вмонтирован в пол. Cow-Vou не сбивается с пути, заложенного по

программе, так как идёт вдоль постоянно протянутого провода, заложенного в бетон (нет промежутков, как в случае с датчиками). Cow-Boу можно настроить на работу по разным циклам дней недели (7 разных циклов), поэтому робот может работать в разное время дня и делать совершенно разные циклы в зависимости от дня недели. Например, это может быть полезно в выходные, когда фермеры хотят кормить коров намного больше, чтобы снизить свою рабочую загруженность.

Безопасное перемещение. Бесконтактная система безопасности «на расстоянии». Робот-подталкиватель останавливается на расстоянии 50 см от препятствия (благодаря системе эхолокаторов/сонаров). Например, если вы находитесь на его пути, то робот не тронет вас, он остановится раньше.

Нет ограничений по максимальной ширине полосы корма, так как мы можем поместить направляющий провод дальше от кормового ограждения. Рекомендуется положить провод на 1,50 м, корм может находиться от кормового стола на расстоянии до 1,7 или 1,8 м. Нет ограничений по максимальной высоте корма. Cow-Boу можно использовать на полах с некачественным бетонным покрытием с уклоном до $\pm 15\%$. Он может работать сразу в нескольких коровниках и ехать между этими коровниками по бетонному полу на открытом воздухе (но безо льда и снега).

Эффект от использования роботов-пододвигателей обеспечивается комплексным действием ряда таких факторов как:

- рост поедаемости корма, поскольку каждая корова в стаде имеет доступ к свежему корму в любое время суток при минимальных затратах труда;
- улучшение доступа к корму для коров с низким рангом в стаде, в целом вдоль кормового стола снижаются ранговые отношения;
- улучшение здоровья рубца, корм усваивается лучше, поскольку потребляется небольшими порциями, это положительно влияет на изменения рН рубца;
- снижение стресса у животных за счёт сокращения их контактов с человеком и шумной техникой;
- снижение избирательности поедания кормов;
- снижение потребности в скотниках (экономия фонда заработной платы);
- в зимнее время не выстуживается коровник, как при подталкивании трактором, поскольку робот устанавливается непосредственно в коровнике;
- снижение потери корма, поскольку почти его не остаётся;
- можно реже раздавать корм при достаточной ширине кормового стола вплоть до раза в сутки;

- рост продуктивность стада, можно получить дополнительно от 0,4 л в сутки вплоть до 1 л в сутки от коровы.

Определяя модуль кормоприготовления и раздачи кормов как множество отдельных технологий, можно формировать комплекты оборудования и систем управления в роботизированные комплексы, осуществляющие не только контроль за загрузкой компонентов, приготовлением и нормированной раздачей кормосмеси, но также отслеживать процесс заготовки кормов, анализировать поступление закупаемого сырья и учитывать складские запасы кормов и сырья (рис. 63а).



Рисунок 63 – Схемы системы управления кормоприготовлением и раздачей кормов

В качестве приоритетных направления исследований Ю.А. Цой и Р.А. Байшева указывают на актуальность создания автоматизированных средств для оценки количества, качества и состава кормов, начиная с уборки и хранения [94]. Реализация этого направления позволит организовать уборку кормов в оптимальные сроки, корректировать рацион кормосмесей.

Более полную степень интеграции компонентов системы кормления предполагает схема, предусматривающая автоматический сбор и обработку информации со всех систем, задействованных в заготовке, хранении и раздаче кормов [92] (рис. 60, вариант Б).

В поле собираются данные по качеству убранный сырья для заготовки кормов с помощью сенсоров, установленных непосредственно на сельскохозяйственные машины. Сенсор может за несколько секунд измерять массовую долю влаги (сухого вещества), крахмала, сырого протеина, клетчатки (КДК и НДК), золы и сырого жира в кормах и кормовом сырье. Эти данные позволяют прогнозировать качество закладываемой зелёной массы на сенаж или силос. Инфракрасный анализатор, установленный в ковше фронтального погрузчика, или на фрезу самозагружающегося кормосмесителя позволяет выполнять коррекцию рациона в реальном времени при загрузке компонентов корма. Он

способен измерять сухое вещество и прочие показатели компонентов корма и пересчитывать в реальном времени загружаемый вес компонента для сохранения постоянства ОСР. Результаты анализа отправляются на микрокомпьютер, который корректирует рацион. Аналогичный анализатор может быть установлен в бункерах-накопителях или на ленте транспортёра при автоматической загрузке сырья. Ещё больше возможностей оптимизировать рацион обеспечивает система, основанная на технологии компьютерного распознавания образов, способная измерять однородность кормосмеси и длину волокна кормов внутри смесителя во время её приготовления. Система автоматически фиксирует цифровой камерой кормосмесь, анализирует и сравнивает полученные кадры с изображением идеально приготовленного рациона, хранящимся в памяти, и подаёт сигналы на весовой микрокомпьютер кормосмесителя, регулируя таким образом процесс измельчения и смешивания исходных компонентов.

Отличительная особенность кормления телят, определяющая требования к оборудованию для раздачи кормов и автоматизации производственных операций, заключается в необходимости выдачи молодняку крупного рогатого скота в раннем возрасте достаточно большого количества молочных кормов в строгой дозировке и определённой температуры. При выращивании телят в домиках на открытых площадках или под навесами погодные условия не всегда способствуют выполнению требований к температуре выпойки молозива, молока или молочной смеси, которые должны поступать в организм не ниже 37 °С. Зимой молоко для выпойки телят необходимо подогреть на 3-4 градуса выше, т. е. до 40-41 °С, чтобы в момент выпойки из холодного индивидуального ведра с соской она составляла требуемые 37 °С. Когда индивидуальных домиков на площадке около 100 штук (это среднее количество для хозяйств) и телята в домиках от новорожденных до двухмесячных, которые уже сходят с выпойки, не обойтись без мобильного устройства для раздачи молока – «молочного такси» (рис. 64). Это бак из нержавеющей стали на четырёх колесах с встроенным подогревом, мешалкой для ЗЦМ и насосом, с помощью которого можно дозированно раздавать молоко или смесь в ведра. Тележка содержит ёмкость для заменителя молока, мешалку с электроприводом, устройство нагрева раствора до заданной температуры и дозирующее устройство для разлива по ведрам с сосковыми поилками.

Панель управления может оснащаться устройством программирования различных порций молока, например, для разных групп телят. Кроме того, такая ёмкость хорошо подходит для хранения цельного молока или транспортировки при выпойке через автопоилку.



Рисунок 64 – Молочное такси (внешний вид, схема и вариант практического использования)

Усовершенствованные конструкции устройств раздачи молочных кормов телятам оснащены системами, обеспечивающими автоматическое индивидуальное дозирование на основе электронной телеметрической идентификации места кормления или теленка (рис. 65). Расчёт доз осуществляется с учётом принятых схем выпаивания и графика предполагаемого изменения живой массы телят.



Рисунок 65 – Схема работы «молочного такси» оснащенного автоматической системой индивидуального дозирования

В полной мере оптимизировать технологический процесс раздачи жидких кормов телятам в условиях промышленных ферм позволяет использование полностью автоматизированных установок, которые по заданной программе готовят нужное количество свежей молочной смеси в различных соотношениях для каждого теленка с учетом его возраста, физиологического состояния и потребностей. Автоматы (станции) выпойки телят могут программироваться на индивидуальную выпойку за определённый период: в базу данных вносятся сведения о количестве

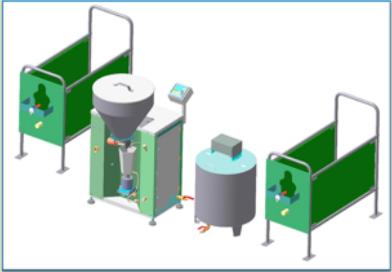
выпаиваемого молока, его минимальной и максимальной разовой дозе, перерывах между поениями и др. [88].

Основываясь на бесспорном принципе, что раздача кормов является одним из наиболее ответственных процессов при выращивании телят молочного периода, определяющим затраты труда и продуктивность животных, сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» совместно с РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана отечественная автоматизированная установка для выпойки молочных кормов УАВТ-60, производство которой организовано на РУП «Молодеченский радиозавод «Спутник». В настоящее время установка серийно производится на филиале «Завод «Электроника» ОАО «Интеграл». Работа таких станций обеспечивает возможность получения каждым телёнком молока или ЗЦМ несколько раз в день при возникновении чувства голода. При этом каждая порция молока по объёму такая же, как при выращивании на подсосе. Ошейники с транспондерами позволяют в режиме реального времени отслеживать, сколько раз животное заходило на выпойку, сколько молока потребило. При этом невозможен перекорм, ведь животное, которое выпило свою норму, система больше не будет кормить. Оптимальной является температура корма, он не остывает, как при ручном выпаивании. Система исключает попадание в неё насекомых, грязи, её промывка проводится автоматически. Автоматы выпойки телят упрощают по максимуму регулярное поение и сводят к минимуму участие работников фермы в выращивании телят. Опция дистанционного мониторинга обеспечивает контроль потребления корма 24 часа в сутки.

Установка функционирует под управлением микро-ЭВМ и обеспечивает выдачу цельного молока (обрата) либо приготовление и выдачу каждому животному, зарегистрированному в одной из 4-х групп по групповой норме с учётом индивидуальной коррекции. Размер разовой порции определяется планом выпойки группы, в котором животное зарегистрировано, и параметрами индивидуального отклонения от плана по срокам и суточной норме. Распознавание животного осуществляется по сигналу датчика, закреплённого на его шее. Сведения о процессе выпойки регистрируются в памяти микро-ЭВМ и могут быть переданы для дальнейшей обработки в локальную вычислительную сеть.

Станция приготовления и распределения жидких кормов представляет собой рамную конструкцию с бункером-дозатором порошка ЗЦМ, смесителем концентрированного раствора, смесителем-распределителем готового жидкого корма, двумя мерными устройствами жидкого корма и устройством подогрева воды и готового корма (рис. 6б). Автоматизированная установка УАВТ-60 обеспечивает выполнение

следующих операций: принимает порошкообразный заменитель цельного молока (ЗЦМ) или цельное молоко (обрат), дозированно направляет порошок ЗЦМ в смесительное устройство, дозированно принимает питьевую воду с последующим её подогревом, приготавливает раствор ЗЦМ и подаёт его животным при температуре выпойки 32-38 °С, распознаёт животных и контролирует процесс выпойки, обеспечивает промывку и дезинфекцию всех частей установки, соприкасающихся с жидким молочным кормом.



Наименование параметра, единицы измерения	Значение параметра
Обслуживаемое поголовье, голов	60
Количество мест для выпойки, шт.	2
Погрешность выдачи разовой порции, %	±5
Объем разовой выдачи корма, л	0,5-1,5
Температура жидкого корма, °С	+38-42
Время приготовления порции, с	30
Емкость бункера-дозатора, л	50
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/л	0,014
Обслуживающий персонал, чел.	1

Рисунок 66 – Установка автоматизированная для выпойки телят УАВТ-60

Справочно: Комплект поставки УАВТ-60: 1. Станция приготовления жидкого корма; 2. Станочное оборудование; 3. Устройство для выпойки; 4. Система идентификации животных в составе одной или двух приёмных антенн с преобразователями и передатчиками сигнала; 5. Система управления в составе микро-ЭВМ, оснащённой индикатором с клавиатурой, и устройства управления исполнительными механизмами.

Проведены комплексные производственные испытания опытного образца автоматизированной установки для выпойки телят УАВТ-60. Установлено, что УАВТ-60 позволяет комплексно механизировать и автоматизировать производственный процесс кормления и поения телят от 10-20 дней до 4 месяцев на комплексах и фермах по выращиванию молодняка. Оборудование работает в помещении при температуре окружающего воздуха от + 5 до +35 °С и его относительной влажности от 40 до 95 %. Детали оборудования, соприкасающиеся с кормом (молоком и молочными продуктами), изготовлены из материалов, не оказывающих химического воздействия на кормовую массу.

Для оценки влияния применения УАВТ-60 на продуктивность телят было сформировано 2 группы животных (n=20) по принципу аналогов с учётом живой массы при рождении, возраста и продуктивности коров-матерей, породы и породности. Первой группе телят, выступающих в качестве контроля, молочные корма выдавали вручную из вёдер с

сосковыми поилками. Сверстники из опытной группы молочные корма получали с помощью УАВТ-60.

Изучение показателей продуктивности подопытных животных явилось одним из критериев оценки эффективности применения для выпойки молочных кормов опытного образца УАВТ-60. Рост и развитие подопытного молодняка определяли по показателям живой массы и среднесуточным приростом живой массы (табл. 19).

Таблица 19 – Показатели роста и развития подопытных телят

Показатели	Группы телят	
	контрольная	опытная
Живая масса, кг		
При рождении	33,5	33,1
В возрасте 30 дн.	52,8	52,2
В возрасте 60 дн.	71,6	73,2
В возрасте 90 дн.	91,6	95,4
Среднесуточный прирост живой массы, г		
За 1-й мес.	643,3	636,6
За 2-й мес.	626,6	700,0
За 3-й мес.	666,7	766,7

Результаты взвешивания в 60-дневном возрасте показали, что среднесуточные приросты у телят опытной группы были выше на 10,4 %, чем у аналогов из контроля. В трёхмесячном возрасте этот показатель был выше на 13,1 %.

Применение автоматических станций выпойки позволяет перевести телёнка на грубые корма в течение 10 недель. Производственные испытания показали, что при такой технологии кормления экономия ЗЦМ составляет до 10 кг на одного телёнка за период выпаивания. При этом улучшается здоровье телят и, следовательно, снижаются затраты на ветеринарные препараты. Потери телят уменьшаются на 4-7 %. Кроме того, у телят, выпаиваемых автоматической станцией, среднесуточный прирост живой массы больше, чем у молодняка, выпаиваемого традиционным способом. Это обусловлено объективными причинами биологического и организационно-технологического характера – в основном тем, что телята получают из установки молочные корма оптимальной температуры и в необходимом количестве, они наиболее эффективно усваиваются организмом.

Анализ эффективности УАВТ-60 и аналогов показал, что по всем параметрам, в том числе производительности, установка соответствует базовым моделям импортного производства – TAKS-SA2 фирмы «Forster Technik» и CF-200 фирмы «Delaval» и др.

Практический опыт показывает, что при соблюдении всех

технологических приёмов использование различных видов автоматизированных систем кормления позволяет увеличить продуктивность до 10 % за счёт повышения эффективности использования кормов и сохранения здоровья животных.

Формирующие модуль кормопроизводства и кормления системы, регистрирующие события, происходящие с момента уборки кормовых культур до подготовки корма по заданному рациону и раздачи кормосмеси животным, в комплексе с устройствами, контролирующими их физиологическое состояние, величину суточных удоев и качественные показатели молока, могут быть частью цифровой платформы автоматизированного управления фермой.

2.4. Модуль доения

Доильное оборудование является ключевым звеном в технологии производства на молочной ферме [77]. Во-первых, доение является самым трудоёмким процессом молочного производства. Во-вторых, именно на доильной установке проявляется интеграция системы «человек – животное – молоко», то есть доильное оборудование влияет на все факторы этой системы, начиная от эргономики работы персонала, здоровья животных и заканчивая качеством получаемой продукции. В-третьих, именно здесь собирается, обновляется и может быть зафиксирована информация о продуктивности, качественных показателях молока, воспроизводстве, физиологическом состоянии животных. В качестве одной из наиболее ответственных операций в технологии производства молока, определяющих эффективность отрасли, качество получаемой продукции и здоровье коров, Н.В. Казаровец, В.Н. Тимошенко, Д.Ф. Кольга также определяют машинное доение [33]. При этом отмечается проблема возможного негативного влияния невыполнения или некачественного выполнения ручных операций (массаж вымени, машинное додаивание, своевременное и правильное снятие доильных стаканов) при доении переносными аппаратами. Потери молока могут достигать 10 %.

Для обеспечения физиологического доения и снижения до минимума влияния оператора разработаны системы доения, позволяющие автоматически адаптировать работу доильного аппарата к особенностям молокоотдачи каждого животного. Однако, решая в значительной степени проблему качества доения, переносные автоматизированные системы не обеспечивают значимого увеличения количества коров на оператора машинного доения.

Кардинально изменить уровень автоматизации доения и повысить производительность позволяет применение стационарных доильных

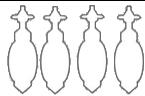
установок. Основные плюсы: концентрация доильного оборудования в одном месте; удобное рабочее место для оператора машинного доения; минимальный путь перемещения молока от доильного аппарата к охладителю; возможность максимально автоматизировать доение; взаимодействия с программами менеджмента стада. Более 90 % работающих доильных установок в мире – это доильные залы.

На установках, предназначенных для доения в доильных помещениях, сохраняются основные технологические принципы: соблюдение для каждой коровы непрерывности подготовительных операций, процесса доения аппаратом и заключительных операций; совмещение во времени вспомогательных операций для одних коров с процессом доения машиной других. При этом использование комплектов современного доильного оборудования станочного типа, оснащённого автоматизированной системой управления технологическим процессом, позволяет осуществить принцип индивидуального учёта продуктивности при каждой дойке, отслеживая ряд таких важных технологических показателей как время доения, латентный период, скорость молокоотдачи, выдоенность за первую минуту, температура и электропроводность молока, ежедневное индивидуальное нормирование и выдача концентратов, а также контроль ряда физиологических показателей. Функция оператора машинного доения сводится к санитарной подготовке вымени, подключению аппарата, контролю процесса доения и управлению потоком коров при входе и выходе на доильную установку.

В настоящее время в мире распространены доильные залы статичные, когда коровы стоят на месте, и роторные, когда коровы для доения заходят на движущуюся по кругу платформу типа «Карусель». Статичные доильные залы бывают разного типа в зависимости от расположения коров по отношению друг к другу и к рабочему месту оператора – «Тандем», «Ёлочка» и «Параллель» (табл. 20).

Доильное оборудование типа «Тандем» отличается наибольшим удобством для животного: корова изолирована от других животных, каждое доильное место имеет свой вход и выход. Оптимально для стад коров с большой разбежкой в интенсивности молокоотдачи и различным уровнем продуктивности. Благодаря продольному расположению боксов относительно доильной ямы, оператор имеет хороший обзор всего корпуса животного и вымени. Недостатки: самый большой фронт доения (260 см на голову) – низкая интенсивность работы оператора доения; высокие затраты на строительные работы вследствие требования большой длины доильной ямы и помещения; высокая стоимость оборудования из расчёта одного доильного поста.

Таблица 20 – Технологические особенности доильных систем

Индивидуальное доение, подход сбоку	Групповое доение, подход сбоку	Групповое доение, подход сзади
		
Доильный зал с расположением «Тандем»	доильный зал с расположением «Ёлочка»	доильные залы с расположением «Параллель» и «Ёлочка 50/60°»
<ul style="list-style-type: none"> - классические доильные залы «Тандем» с расположением стоил в линию; - доильные залы «Тригон»; - доильные залы «Полигон»; - доильные залы «Карусель» 	<ul style="list-style-type: none"> - классические доильные залы «Ёлочка» - с быстрым выходом; - доильные залы «Тригон»; - доильные залы «Полигон»; - доильные залы «Карусель» 	<ul style="list-style-type: none"> - доильные залы «Параллель» с быстрым выходом; - доильные залы «Ёлочка 50/60°»; - доильные залы «Карусель»
<p>Доильный зал со стойлами в линию состоит из индивидуальных стоил с расположением в линию вдоль ямы, в которой работает оператор. Сразу по окончании доения, корова покидает стойла и в него заходит следующая корова. Операция может быть полностью автоматизирована. Это единственная доильная система, позволяющая осуществлять индивидуальное доение. Доильные залы рекомендуются для 40-110 коров.</p>	<p>Наиболее распространены доильные залы «Ёлочка». Они рекомендуются для ферм любых размеров. Коровы заходят в доильный зал группами. Использование доильного зала «ёлочка» гарантирует хорошие надои. Продуктивность может быть увеличена с помощью автоматизации доильного зала.</p>	<p>В доильных залах с параллельным расположением коров перпендикулярно к яме, в которой работает оператор. Доение осуществляется сзади. Коровы заходят в зал группами. Такая система позволяет уменьшить длину доильного зала и сократить время движения оператора. Групповой выход позволяет осуществлять быструю смену коров одним оператором. Эта система рекомендуется для больших ферм.</p>

На доильных установках типа «Ёлочка» животные располагаются под определённым углом к кромке доильной траншеи. Коровы размещаются в станках близко друг от друга, что обеспечивает оптимальное расположение вымени животного и эргономичное положение оператора во время доения. Доильная установка типа «Ёлочка» комплектуется из стойловых секций, устанавливаемых с одной или двух сторон доильной

ямы по модульному принципу, что позволяет варьировать количество секций в зависимости от размеров установки. Каркасная конструкция обеспечивает оператору полный обзор пространства, на котором он работает. С помощью передней и задней стенок каждая корова надёжно фиксируется в положении для доения. В качестве преимуществ можно отметить относительно небольшой фронт доения, невысокую стоимость оборудования из расчёта на доильное место и широкий размерный ряд. К недостаткам такого вида доильного оборудования можно отнести невысокую пропускную способность, что особенно заметно 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, что, в свою очередь, ограничивает количество максимально обслуживаемого поголовья.

На установках типа «Параллель» коровы размещаются под углом 90° относительно технологической ямы. Фронт доения уменьшен до 70 см на одно доильное место. Подключение доильных аппаратов к вымени осуществляется между задними ногами, а длина доильной ямы из расчёта на одну корову минимальна. Разделители между коровами обеспечивают оптимальное позиционирование коровы и, тем самым, доильного аппарата, что гарантирует оптимальное опорожнение вымени. Условия труда для доярок являются удобными и безопасными, так как доение производится сзади и вымя коровы находится прямо перед дояркой, поэтому нет необходимости в поворотах туловища. Вся работа производится в выгодном, эргономичном рабочем положении. Группа выдоенных коров покидает доильную установку одновременно, обеспечивая возможность следующей группе заходить в доильные станки сразу по окончании доения. Это сокращает затраты времени на вспомогательные операции и повышает производительность установки. Такой тип является оптимальным решением доения поголовья от 500 до 1200 голов. В то же время установки типа «Параллель» имеют существенный недостаток – коровы расположены так, что вымя видно только сзади, а его передние четверти просматриваются недостаточно хорошо. Это значительно усложняет контроль вымени во время доения. Для невысоких доярок это может стать серьёзной проблемой. Возможным выходом является подгонка глубины доильной ямы под конкретных доярок (доярок) применением специальных подъёмных настилов пола.

Доильная установка типа «Карусель» представляет собой вращающуюся платформу, на которой установлены боксы для доения и находится доильное оборудование, предназначена для непрерывно-поточного доения. Главное отличие такой доильной установки – уменьшенный до нуля фронт доения за счёт того, что животное само

подъезжает к оператору на подвижной платформе, в то время как оператор подключает доильные аппараты, оставаясь на своём месте. Они значительно облегчают работу оператора во время дойки и идеально подходят для больших стад за счёт увеличенной производительности. Конструкция карусельных доильных установок обеспечивает лучшие технологические условия для получения молока высокого качества, поскольку создаются условия для максимально быстрого и удобного выполнения всех этапов дойки, что является важным фактором успешного доения большого стада. Вместимость доильных установок типа «Карусель» варьирует в пределах до 60 мест.

Доильные установки «Карусель» могут поставляться с разной конфигурацией, в зависимости от расположения стойл: «Тандем», «Ёлочка», «Параллель». Версия «Карусели» с расположением стойл по схеме «Параллель» может производиться как в наружном, так и внутреннем исполнении (в зависимости от расположения рабочего места дояра – внутри или снаружи). Вращающаяся «Параллель» более подходит для доения большого поголовья и интенсивной работы, так как при равном количестве доильных мест, диаметр её платформы будет меньше по сравнению с вращающейся елочкой. В то же время, «Ёлочка» обеспечивает лучшую визуализацию животных и классическое подключение аппаратов сбоку, что делает её привлекательной для хозяйств с небольшим поголовьем, настроенных на конвейерное производство. Смена животных в доильных станках происходит почти полностью автоматически, поэтому затраты времени дояра на организацию смены животных минимальны и больше внимания уделяется непосредственно доению.

Все современные доильные установки на каждом доильном месте имеют устройства управления доением, обеспечивающие заданные режимы доения, индивидуальный учёт молока с возможностью занесения данных в компьютер и автоматическое снятие доильных стаканов. Дополнительно доильные установки оснащаются системой автоматизированного управления стадом, взаимодействующей с базовой системой идентификации [35].

Система автоматизированного управления предназначена для оперативной обработки большого числа информационных показателей посредством использования возможностей современного общего и специализированного программного обеспечения (ПО) персональных компьютеров и технических средств специального назначения в виде исполнительных механизмов под управлением электронного оборудования, связанного информационными каналами с программным обеспечением персонального компьютера [36]. Второй задачей системы, в силу её технических возможностей, является автоматизация трудоёмких

технологических процессов, выполняемых вручную с низким качеством по причине характера работ, превосходящих возможности человека, например, отделение животных от стада [36].

ООО «Гомельагрокомплект» выпускает серию унифицированных доильных установок, оснащённых системой управления процессом доения [81]. Доильная система состоит из модулей управления (рис. 67). На дисплее модуля отображаются показания удоя, интенсивность потока молока, оповещения о событиях, номер животного на данном доильном месте.

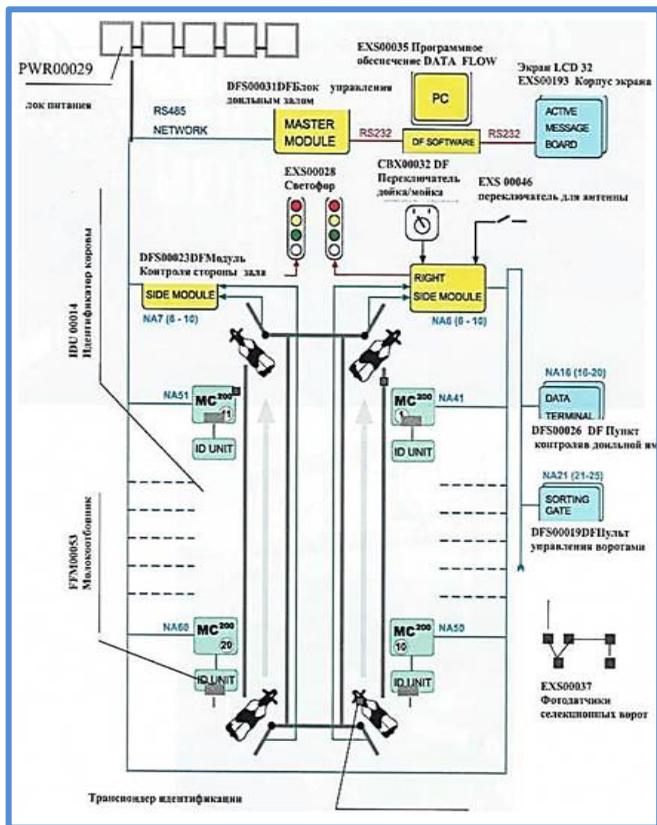


Рисунок 67 – Устройство управления процессом доения «Исполнение А»

Модуль оснащён электромагнитным пульсатором попарного доения с визуальным контролем пульсации и обеспечивает автоматическую стимуляцию вымени. Управление модулем и выбор режимов доения осуществляется одной кнопкой.

Модуль управления настроен с учётом практически любых требований пользователя, предусмотрена возможность изменения тактов пульсации и частоты пульсации. Он оснащён счётчиком молока, который ежесекундно измеряет уровень интенсивности потока молока с использованием лучей ближней (длинноволновой) инфракрасной области спектра - N111, полностью герметизирован и не имеет подвижных или съёмных частей, имеет встроенный датчик измерения электропроводности молока (важно при раннем выявлении мастита).

Модуль управления работает в двух режимах (автоматическом и полуавтоматическом). Режим автоматического доения включает: массаж с частотой пульсации 240 пульс./мин в зависимости от интенсивности молокоотдачи; режим основного доения; отключение и снятие доильного аппарата, с опережающим гашением вакуума под соском в зависимости от интенсивности молокоотдачи (200-800 мл./мин). Режим полуавтоматического доения включает отключение и снятие доильного аппарата, производится по команде оператора.

К основным функциям электронной системы управления доением относятся:

- электронная пульсация с программируемыми параметрами;
- изменение характера пульсации в соответствии с интенсивностью молокоотдачи;
- отключение доильного аппарата при спадании с вымени;
- измерение удоя и скорости молокоотдачи посредством инфракрасного датчика свободного потока PP830;
- индикация удоя, потока молока и времени доения на дисплеях;
- система автоматического снятия доильного аппарата (АСДА);
- управление доильным местом при помощи единственной кнопки;
- программирование и настройка работы доильных мест по беспроводной технологии через инфракрасный порт или компьютерную сеть;
- совместимость с компьютерной системой идентификации и управления стадом.

Система предоставляет широкий спектр индивидуальных настроек функций стимуляции и автоматического снятия доильного аппарата с вымени. Управление доильным местом при помощи многофункциональной электроконтактной кнопки, которая обеспечивает вкл./откл. доильного аппарата, вкл./откл. автоматического режима снятия доильного аппарата и режима промывки аппарата. Настройка режимов пульсации и системы автоснятия производится через инфракрасный порт при помощи КПК Paln либо через персональный компьютер.

Ряд исследователей отмечают высокую эффективность дополнения высокопроизводительных доильных установок системами автоматизированного управления. Так, при определении особенностей

использования различных способов доения коров В.К Скоркин установил, что доение коров в доильных залах, оснащённых автоматизированными доильными установками со станками «Ёлочка», «Параллель», «Карусель», позволяет уменьшить затраты труда на доение коровы с 45-50 до 15-22 чел./ч в год, а также обеспечивающих контроль за молокоотдачей, подготовку вымени и отключение аппаратов [17]. Автоматизация данных установок позволяет снизить затраты труда до 16-21 чел./ч/гол. Основными достоинствами роботизированных комплексов доения, наряду с существенной экономией затрат труда, исследователи считают высокий уровень физиологичности доения вследствие строгого соблюдения технологии [20, 25, 76, 86, 87, 95].

Обобщая опыт предприятий Республики Беларусь, осуществивших модернизацию ферм с применением ресурсосберегающих технологий, основанных на внедрении высокопроизводительного автоматизированного оборудования, Г.И. Гануш [18] отмечает возможность снижения энергоёмкости производства на 20-25 %, уменьшения затрат труда до 0,9-1,8 чел./ч (рис. 68). При этом, работая в единой технологической схеме, управляемой специальной компьютерной программой система доения позволяет в 2-3 раза снизить содержание соматических клеток в молоке и уровень общей бактериальной обсеменённости на 50-80 %. По качеству такое молоко соответствует сорту экстра, закупочная цена которого на 20 % выше по сравнению с высшим сортом.

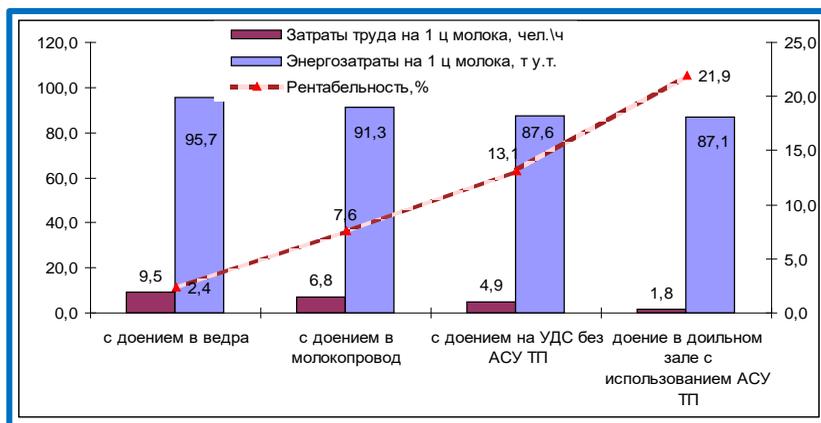


Рисунок 68 – Оценка технологических решений производства молока

На основании обобщения многолетних исследований технологических решений, применяемых на современных промышленных комплексах, Н.А. Попков, В.Н. Тимошенко, А.А. Музыка также констатируют, что применение стационарных высокопроизводительных установок с

элементами автоматизированной системы управления обеспечивают производство продукции высокого качества с минимально возможными затратами труда, энергии и средств [68]. Достигнутые параметры: затраты труда на 1 ц молока – 0,8-1,5 чел./ч; совокупные энергозатраты – 72,8-87,4 кг условного топлива; нагрузка на оператора – 200 голов.

Системы роботизированного доения. Основываясь на анализе работы передовых комплексов с интенсивной технологией и результатах научных исследований, работа по переходу на современные интенсивные технологии будет продолжаться, это необратимый процесс. Современная тенденция в создании технологического оборудования для ферм нового поколения – полная автоматизация производственных процессов, превращение биотехнического комплекса фермы в гибкую самоадаптирующуюся систему машин, параметры и режимы которых увязаны с продуктивностью животных. Значительная трудоёмкость процесса доения, неуклонно повышающиеся требования к качеству молока и высокая оплата труда работников стимулирует инвестирование в изучение и производство высокотехнологичного и наукоемкого оборудования для молочных ферм.

Автоматические системы привлекли внимание производителей доильного оборудования в конце 1980-х годов. Однако разработка принципиальной концепции доильных роботов осложнялась, прежде всего, тем, что в отличие от роботов промышленных, имеющих дело с неодушевленными объектами, они должны были взаимодействовать с живыми организмами, которым присуща вариабельность. Это стало возможным только после создания достаточно чувствительных сенсоров, анализаторов и соответствующего программного обеспечения для компьютера – интегральной части автоматической доильной системы. Помимо собственно доения, роботы должны были взять на себя ещё целый ряд операций, выполняемых ранее операторами и работниками различных лабораторий. Первые роботы появились на рынке в начале девяностых годов. А сегодня уже практически все производители доильного оборудования имеют собственную автоматизированную систему.

Доильные роботы – системы автоматизированного доения – являются на сегодняшний день самым современным доильным оборудованием. Это полноценный автоматизированный комплекс технологий, позволяющий получать молоко самым гуманным и физиологичным для коровы способом. Применение роботизированных систем обеспечивает постоянное фиксированное выполнение комплекса технологических операций, повторяющихся в строго определённой последовательности. Причём, здесь возникает уникальный синтез взаимодействия средств автоматизации с «механизмом» лактации коров, происходящий по желанию самого животного. Стереотип автоматического доения служит

физиологической основой естественного извлечения молока из вымени, чем обеспечивается лёгкое, быстрое, многократное на протяжении суток выдаивание коров. По сути, робот у большинства производителей представляет собой совокупность различных сенсорных систем идентификации животного (лазерные, оптические, ультразвуковые или комбинированные), центральным звеном которых является механическая «рука»-манипулятор, способная совершать трёхмерные движения.

Автоматизация процесса производства молока стремительно развивается. Использование роботов для доения коров способствует возникновению практически новой технологии, позволяющей учитывать индивидуальные суточные ритмы каждой коровы. Чёткое выполнение всех необходимых операций с соблюдением санитарных норм в подготовительный период и во время дойки, отсутствие травм вымени и его воспалений позволяют сохранить качество молока практически на уровне естественной микрофлоры. На фермах, где установлены роботы, обстановка более спокойная, там достигается самый высокий уровень комфорта для коров, что тоже способствует росту продуктивности. Роботизированные системы подготавливают вымя перед подключением доильного аппарата, находят соски и подключают к ним доильный аппарат, своевременно его снимают, дезинфицируют сосковую резину и подсчитывают количество шагов коровы, сделанных ею после последней дойки (выявление коров в охоте). Роботы подают сигналы селекционным воротам для выборки проблемных коров, измеряют удой молока, кислотность, температуру, количество соматических клеток и т. д. Один робот (один доильный бокс), в зависимости от модели, может обслуживать от 50 до 70 дойных коров, что означает получение от 500 до 700 тыс. кг молока в год. При этом среднестатистически он экономит до 1050 ч рабочего времени в год. Кроме того, доильные роботы позволяют оценивать состояние каждой из четвертей вымени и своевременно выявлять признаки мастита. Современные модели доильных роботов имеют возможность контролировать качество молока по показателям цвета, кислотности, температуры, электропроводности, числу соматических клеток, а также определять скорость молокоотдачи, объём по каждой доли вымени и отделять качественное молоко от брака в отдельные ёмкости.

Автоматические доильные системы условно можно подразделить на две группы: установка с одним доильным боксом, который обслуживает одна «рука»-манипулятор, управляемая отдельной системой, и установка, состоящая из нескольких боксов, обслуживаемых одной рукой и одной системой (рис. 69).



Рисунок 69 – Системы автоматизированного доения различных производителей в однобоксовом исполнении

Роботы, как правило, конструктивно схожи и состоят из следующих составных частей: станочного оборудования с воротами и станцией кормления (бокса), руки-манипулятора с системой определения положения сосков, доильных аппаратов, систем управления доением и регистрации качества молока, системы менеджмента стада.

В многобоксовой системе «рука»-манипулятор, перемещаясь между блоками (боксами), где производится обработка, дезинфекция и чистка вымени, только находит сосок и подсоединяет доильные стаканы. Таким образом, пока одна корова заходит, получает концентраты и подвергается обработке сосков, в другом боксе уже может идти доение, что позволяет на одном роботе доить несколько коров одновременно.

Максимальный «размер» многобоксовой системы достигает пяти боксов. Но наиболее эффективными, с точки зрения скорости обслуживания животных и удобства размещения, являются двух-трёхбоксовые системы. Однобоксовый модуль рассчитан на доение 60–70 высокопродуктивных коров в день, двухбоксовый – не более 150 коров в день, трёхбоксовый – до 180. Скорость обслуживания системы из четырёх модулей уже заметно падает – не более 210 животных в день. Таким образом, при использовании пятибоксовых установок производительность одной руки снижается в целом до 50-55 голов на бокс, что связано с увеличением расстояния и функций, возлагаемых на манипулятор. Примером автоматической многобоксовой (от одного до пяти боксов) доильной системы может быть робот MOne компании GEA Farm Technologies (рис. 70).

Доильный центр MOne («Milking Intelligence» - интеллектуальное доение) с многобоксовой концепцией имеет преимущества перед традиционными однобоксовыми системами. Он рассчитан на размер поголовья от 65 до 200 дойных коров и может комплектоваться доильными боксами в количестве от одного до пяти при обслуживании одним доильным роботом. Установка дополнительных боксов возможна вместе с ростом поголовья. Примененная в роботе MOne система 3D-камер непосредственного наблюдения во время процесса подключения

доильного аппарата постоянно держит в поле зрения расстояние между сосками и доильными стаканами, молниеносно анализирует данные, соотносит их и может реагировать на изменившиеся условия в реальном времени. Центр управления доильной системой представляет собой рабочее место, оборудованное компьютером, куда собираются все данные о работе доильного комплекса. Эти данные обрабатываются и представляются пользователю в максимально доступной форме. Важная информация и срочные сообщения передаются на мобильный телефон, в результате чего многократно экономится время и повышается эффективность работы сотрудников фермы. Робот Mione позволяет улучшить качество молока и сохранить все его полезные свойства за счёт бережной транспортировки, максимально быстрого охлаждения и высокоэффективной системы промывки доильного оборудования.



Рисунок 70 – Многобоксовая (от одного до пяти боксов) доильная система Mione

Промежуточным решением являются системы, в которых может быть несколько боксов, каждый из которых оснащен отдельным манипулятором, но все они управляются одним блоком (рис. 71).



Рисунок 71 – Системы автоматизированного доения различных производителей в двухбоксовом исполнении

В республике также имеется определённый опыт строительства и эксплуатации крупных (от 600 до 1000 коров) роботизированных ферм. В качестве примера можно привести следующие объекты: ОАО «Александрийское» МТК «Александрия», ОАО «Гастеловское» МТФ «1000», СПК «Прогресс-Вертилишки» МТФ «Баторовка», СПК «Агрокомбинат «Снов» МТФ «Друцковщина», КСУП «Минская овощная фабрика» МТФ «Луговая Слобода» и др. Доильные роботы успешно функционируют на более 200 МТФ республики.

Применение технологического оборудования для ферм нового поколения с использованием роботизированных систем доения и управления кормлением может быть одним из основных факторов повышения конкурентоспособности молочного скотоводства в нашей республике. Отсутствие человека в ходе выполнения технологического процесса доения позволяет основное внимание уделять животному, учитывать его состояние и физиологические потребности и, таким образом, максимально использовать его генетический потенциал.

Обобщённые данные о достигаемом экономическом эффекте от внедрения роботизированных технологий представлены в таблице 21. Анализ данных показал, что внедрение роботизированных систем производства молока позволяет получить дополнительный объём денежной выручки в сумме 904 млн руб. (в ценах 2015 года) за счёт роста продуктивности коров и повышения сортности молока.

Таблица 21 – Расчёт резерва повышения эффективности ведения молочного скотоводства за счёт внедрения роботизированной технологии производства

Показатели	Вариант молочнотоварной фермы	
	с доением по существующей технологии	с доением на роботизированных системах
Обслуживаемое поголовье, гол.	630	600
Удой на корову, кг	6500	7475
Валовое производство молока, т	4095	4485
Товарное молоко, т	3689	4067
В том числе сорт «экстра», %/т	67/2472	98/3986
Выручка от реализации молока, млн руб.	5622	6526

В отличие от традиционных животноводческих помещений 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).

Разработаны три формы организации движения коров в помещении, обеспечивающие в той или иной степени самостоятельное посещение ими доильного робота: свободное движение; управляемое движение с возможностью последующего отбора животных (после доения); управляемое движение с предварительным (до доения) и последующим отбором.

При свободном движении 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. Отсутствуют необходимые для принудительного движения узкие проходы с «интеллектуальными» воротами, животные передвигаются, согласно собственному биоритму, что является обязательным для здоровой лактации, особенно для высокопродуктивных коров и новотельных. Коровы низкого ранга, для которых частое посещение доильного робота особенно важно, и которые, как правило, более склонны к отказу от посещения доильной установки, чувствуют себя менее притеснёнными и подавленными. При произвольной системе движения коровы более быстро находят свой ритм доения. Такая форма организации движения животных используется при установке систем автоматического доения на месте части существующих боксов для отдыха в традиционных помещениях для беспривязного содержания молочного скота.

При управляемом перемещении животных имеются отдельные помещения для размещения зон кормления и отдыха. Коровы могут попасть из зоны отдыха в зону кормления только через доильный робот (не наоборот). Этот путь они проделывают в среднем от 5 до 10 раз в день.

Для предотвращения посещений коровами доильных боксов, не сопровождающихся процессом доения, используют боксы для предварительного отбора животных. В нём решается, будет ли корова направлена в зону кормления или на доение (с использованием селекционных ворот). Применение дополнительных «интеллектуальных» ворот, обеспечивает увеличение количества подходов к кормовому столу благодаря снижению напряжения в пробках перед селекционными воротами. При проведении профилактических или санитарных работ на доильном роботе наличие боксов для предварительного отбора животных благоприятно сказывается на их поведении.

Система *feed-first* (вначале накормить) является одним из вариантов принудительно-селективной системой. Отличительной особенностью является направление движения, при котором коровы двигаются первоначально к кормовому столу, т. е. имеют свободный доступ к корму, но

обратно в зону отдыха перемещаются только через доильный робот или, если корова не должна доиться, отсекаются «интеллектуальными воротами» и двигаются сразу в зону отдыха. Эта система даёт возможность увеличить объём потребляемого корма. Особенно при раздаче свежего корма коровы имеют свободный доступ к кормовому столу, но проблемы пробок перед селекционными воротами и в накопительных зонах не решаются.

При регулируемом движении коров (boxes-first-system (потом накопить) с предварительным и последующим отбором животные имеют возможность перемещаться из зоны отдыха через бокс предварительного отбора в двух направлениях: в зону кормления или в предварительный бокс доильного робота. Доильный бокс корова может покинуть в трёх направлениях: в зону кормления, в отдельный бокс для больных животных и обратно в предварительный бокс для совершения новой попытки доения.

Автоматизация управления движением позволяет минимизировать количество подгоняемых животных к роботу. Однако подобная система требует существенного увеличения стоимости проекта, поскольку увеличиваются строительные расходы на монтаж ограждающих конструкций для разделения зон содержания (2, 4 ряда), устройство дополнительных заграждений накопителей перед доильными роботами и установку селекционных ворот.

Оценивая эффективность различных технологических систем применения роботов, Г. Шляйтцнер отмечает, что доение может осуществляться как децентрализованно при помощи значительного количества роботов в системах с одним или многими боксами, так и в одном автоматизированном центре доения [99]. При децентрализованном доении один или два робота устанавливаются фронтально в боксах и обслуживают 60 или 120 дойных коров. Для коров формируются короткие пути передвижения между местами отдыха, кормления и доения, но для обслуживания 1000 коров (840 дойных) необходимо децентрализованно устанавливать 14 роботов. Однако монтаж системы подачи двух различных видов комбикормов, подводки электроэнергии и воды, обеспечения вакуума и оборудование помещения для сбора и хранения молока, размещение системы промывки доильного оборудования, а также отопления являются технически затратными. Если же используется feed-first-System, то тогда для каждой группы коров и двух роботов монтируются как минимум двое селекционных ворот, множество ворот для движения в одну сторону, накопитель и решётка для направления животных и один селекционный бокс для ухода за коровами. Это тоже требует значительных финансовых затрат.

Иной принцип организации автоматизированного доения решён при

объединении доильных роботов в одну систему с конвейерной доильной установкой типа «Карусель». Их «симбиоз» позволил получить принципиально новое оборудование, совмещающее в себе плюсы роботизированного доения (точность операций, избавление от рутины, кадровая независимость) и быстроту обслуживания больших поголовий. Этим продуктом стала так называемая роботизированная «Карусель» – комбинация автоматизированного доения и промышленного производства молока. То есть роторная установка, где животные доятся одновременно большими группами, но при этом операции по обработке вымени проводятся роботами-манипуляторами, смонтированными на «Карусели». В настоящее время ведущими производителями доильного оборудования выпускаются роботизированные роторные установки, оснащённые манипуляторами, установленными на постах вне платформы со станками для коров либо непосредственно на каждом доильном месте «Карусели». Наличие роботов на каждом доильном месте выгодно с точки зрения надёжности. Если по какой-то причине вышел из строя или встал на профилактику один из роботов в боксе, то «Карусель» продолжит свое движение. В случае отказа робота, установленного на посту, установка работать не будет.

Первый в республике пилотный проект, предусматривающий применение роботизированной доильной установки типа «Карусель», реализован в РПУП «Устье» НАН Беларуси» Оршанского района при строительстве инновационного молочнотоварного комплекса на 1000 дойных коров с замкнутым циклом. С учётом животных, содержащихся в секциях сухостоя и родильном отделении, всего на комплексе содержится 1280 фуражных коров.

В проект были включены все новые технологические разработки РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», утверждённые НТС Министерства сельского хозяйства и продовольствия. В состав комплекса входят три коровника и четыре помещения для размещения ремонтного молодняка. Технологический процесс обеспечивает круглогодичное равномерное производство молока промышленным методом на основе поточно-цеховой схемы. На комплексе впервые применена система полностью автоматизированного доения животных на доильной площадке роторного типа («Карусель» на 40 мест). в сочетании с характерным для крупных комплексов дифференцированным по физиологическому состоянию и продуктивности содержанием коров группами по 100-150 голов в коровниках на 400 скотомест. Роботизированная «Карусель» совмещает в себе плюсы роботизированного доения (точность операций, избавление от рутины, кадровая независимость) и быстроту обслуживания больших поголовий, что наиболее приемлемо при промышленном производстве

молока. Все операции с выменем (обработка сосков перед доением, при-крепление стаканов, дезинфекция после доения и др.) осуществляются многофункциональным манипулятором (рис. 72). Автоматически выполняется и промежуточная дезинфекция доильных стаканов и их очистка снаружи в промежутке между доениями, что предотвращает передачу инфекции от одной коровы к другой. Для коров с «особенными потребностями» существует режим полуавтоматического или ручного доения.



Рисунок 72 – Схема роботизированной доильной установки «Карусель» компании GEA FarmTechnologies DairyProQ

Особенности роботизированной «Карусели» определяющие её преимущества при обслуживании больших поголовий на промышленных комплексах заключаются:

- в высокой пропускной способности: без непосредственного участия операторов обеспечивается значительная экономия затрат труда на фермах (в пределах 50–70 % по сравнению установками для доения в доильных залах);

- в применении почетвертного выдаивания долей вымени в щадящем режиме: способствует не только увеличению удоев на 15-20 %, но и содержанию в молоке белка и жира;

- роботизированная система в процессе доения проводит ряд тестов и ведёт «досье» на каждое животное, опознавая его по датчику, крепящемуся на ухо. Информация аккумулируется в базе данных, позволяя проводить дальнейшую аналитическую обработку;

- все операции с выменем (обработка сосков перед доением, при-крепление стаканов, дезинфекция после доения и др.) осуществляются многофункциональным манипулятором. Система контроля качества, анализирующая молоко из каждой четверти вымени по различным

параметрам, позволяет автоматически отбраковывать молоко не соответствующего качества и направлять его в отдельную ёмкость, чем обеспечивается высочайшее качество товарного молока. Около 98–99 % полученного в процессе производства молока соответствует требованиям, предъявляемым к сорту «экстра»;

- помимо разделения «здорового» и «маститного» молока практически полностью исключается так называемое «холостое» доение, что является фактором повреждения вымени. При снижении потока молока из выменной доли, робот автоматически снимает доильный стакан с соска;

- анализ содержания жира и белка контролируется ежедневно, что позволяет оперативно реагировать на изменения в случае их возникновения и распознать на ранней стадии ацидоз и кетоз, при этом исключается необходимость создания специализированной лаборатории с соответствующим штатом и дорогостоящим оборудованием;

- автоматически выполняется и промежуточная дезинфекция доильных стаканов, их очистка снаружи в промежутке между доениями, что предотвращает передачу инфекции от одной коровы к другой. Вероятность возникновения маститов значительно снижается.

На каждом этапе автоматическая система полностью контролирует процесс доения, за счёт этого «Карусель» может вращаться непрерывно, не тратя время на остановки для выполнения технологических операций. Роботизированное доение обеспечивает качество молока на уровне европейских стандартов за счёт отделения здорового молока от маститного, стародойного и молока карантинных животных, тщательной промывки оборудования после каждого посещения оборудования коровой, устранение человеческого фактора, связанного с низкой технологической дисциплиной операторов машинного доения. Внутренняя система регистрации и анализа параметров доильного робота помогает поддерживать его в идеальном техническом состоянии, не допускать износа сосковой резины, других расходных материалов, что в итоге ведёт к улучшению здоровья животных. Ведь одна из главных причин маститов – это неудовлетворительная работа доильного оборудования.

Из анализа данных таблицы 22 видно, что основной экономический эффект применения роботизированной установки, по сравнению с традиционным доением, достигается за счёт специфических функций оборудования, обеспечивающего более благоприятные условия для реализации рефлекса молокоотдачи, способствующего повышению сортности молока, более полной реализации потенциальной продуктивности коров и увеличению их продуктивного использования. При этом снижаются затраты труда на производство 1 ц молока с 1 до 0,4 чел./ч, то есть более чем в 2 раза.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность применения роботизированного оборудования

Показатели	Доильная установка	
	«Карусель»	Роботизированная «Карусель»
Средняя удой за лактацию, кг	7500-8500	8600-9700
Дополнительно полученное молоко в расчёте на 1 корову, кг	-	1100-1200
Стоимость дополнительной продукции в расчёте на 1 корову, руб.	-	726-792
В расчёте на всё поголовье, руб.	-	726000-792000
Производство молока сортом «Экстра»,%	70-75	98-99
Затраты на лечение одной коровы от мастита, руб.	29,45	
В расчёте на все поголовье, руб.	7362,5	1472,5
Ущерб от заболевания маститом на одну корову, руб.	4950-5610	
В расчёте на все поголовье, руб.	1237500-14002500	247500-280500
Срок хозяйственного использования коров, лактаций	2,3-2,5	3,5-4,0
Пожизненная молочная продуктивность 1 коровы в среднем, кг	18400-20000	32025-36600
Стоимость молока, произведённого за период использования в расчёте на 1 корову, руб.	12144-13200	21136,5-24156
Непродуктивное выбытие коров, %	20-25	1-2
Затраты труда на производство 1 ц молока, чел./ч.	1,0	0,4
Коэффициент окупаемости затрат	0,78	0,95

Для получения положительного эффекта от эксплуатации роботов на молочных фермах и комплексах установлены определённые требования. Так, фактором, жёстко обуславливающим эффективность их применения, является молочная продуктивность коров. Каждое автоматически выдаваемое животное должно давать не менее 6500 кг молока за лактацию. При меньшей продуктивности обслуживаемых коров применение доильных роботов экономически нецелесообразно.

Другим практическим аспектом, регламентирующим возможность успешного использования роботов, является молочная железа коровы, как объект воздействия средств механизации. Не все коровы пригодны к роботизированному доению. Требуется подбирать

высокопродуктивных животных с хорошо развитым выменем и соответствующей скоростью молокоотдачи. При формировании стада приходится отбраковывать 5-15 % коров, что ставит новые задачи перед специалистами, занимающимися племенной работой, прежде всего, в плане равномерно развитого вымени. В противном случае, автоматическое доение становится затруднительным и требует участия оператора.

Высокотехнологичные стационарные доильные установки, в том числе и роботизированные, обеспечивают удобную техническую платформу для сбора данных о продуктивности и физиологическом состоянии животных. В то же время, особенности их конструкции и управления допускают возможность корректировать технологические операции на основе анализа собранных данных, что позволяет определить такое оборудование в качестве важнейшего модуля системы автоматизированного управления производственным процессом не только доения, но и в целом комплекса или предприятия.

Таким образом, перспективное направление в создании ферм нового поколения – полная автоматизация производственных процессов, превращение биотехнического комплекса фермы в гибкую самоадаптирующуюся систему машин, параметры и режимы которых увязаны с продуктивностью животных. При этом в качестве важнейших элементов производственного процесса выделяются животные, корма, комплекс машин, кадры и условия содержания в совокупности составляющие сложную биотехническую систему «человек-машина-животное».

2.5. Модуль ветеринарии, идентификации и датчики физиологического состояния животных

На современных комплексах с интенсивной технологией производства молока одним из условий эффективной работы, наряду со стремлением максимально приблизить условия содержания и кормления биологическими потребностям животных и, таким образом нивелировать возможные противоречия в системе «человек-машина-животное» является тщательный уход и мониторинг здоровья продуктивного поголовья. В этом плане в системе менеджмента комплекса решение организационных задач сохранения здоровья должно быть неотъемлемой частью мероприятий по увеличению продолжительности жизни и повышению продуктивности животных.

Традиционно контроль за состоянием здоровья животных осуществляется путём систематических клинических осмотров всего поголовья и проведения периодических диспансерных обследований. По данным диспансеризации судят о состоянии здоровья животных, уровне и

характере обмена веществ как у отдельных животных, так и по стаду.

Перспективное направление развития скотоводства, ориентируясь на создание ферм нового поколения с полной автоматизацией производственных процессов, позволяющей превратить производство в гибкую самоадаптирующуюся систему машин, параметры и режимы работы которых увязаны с продуктивностью животных и обеспечением комфортных условий содержания, выдвигает особые требования к контролю физиологических параметров и состояния здоровья животных. Индикаторов состояния животных, которыми обычно руководствуются зоотехники и ветеринары достаточно много – более полутора десятков [43]. Некоторые признаки могут выявляться визуально, другие требуют проведения анализов крови, мочи, молока, проверки рубцовой жидкости, а также других длительных и дорогих процедур.

С целью снижения затрат на мониторинг состояния стада И.М. Михайленко с соавторами предлагают использовать в качестве основного оценочного показателя надой, поскольку он отражает все существенные изменения в кормлении, содержании, ветеринарном и зоотехническом обслуживании коров, а современное оборудование для доения позволяет автоматически накапливать информацию о ежедневной продуктивности каждой коровы и вести картотеку зоотехнического, селекционного, производственного учёта [7]. Алгоритм оперативного автоматизированного контроля предусматривает проведение анализа состояния отдельных животных с периодичностью 7-10 дней (рис. 73).



Рисунок 73 – Схема автоматизированного мониторинга

Надой за это время суммируется, что позволяет отличить (элиминировать) кратковременные изменения удоя. Сопоставление текущих показателей с нормативным графиком лактации продемонстрирует величину рассогласования. При этом обеспечивается полный охват первичным контролем всего дойного стада, сокращаются затраты труда работников фермы. Более комплексная модель системы управления здоровьем животных предполагает учитывать процессы кормления и ухода как факторы в решающей степени состоянии лактирующих коров.

Алгоритмы оптимального управления состоянием здоровья и продукционным процессом, разработанные И.М. Михайленко, определяя критерием оптимальности прибыль, учитывают суточные, сезонные и возрастные изменения лактационных характеристик, физиологический статус (нормальная лактация, стельность, сухостойность), генетический потенциал продуктивности особи как базового объекта модели с целью локальной коррекции стратегии управления «в среднем по группе» [48]. Также во внимание принимаются факторы, влияющие на ущербы и убытки, связанные с возникновением всех отбраковочных потоков. Цель управления состоянием здоровья в процессе производства молока может быть представлена в следующем виде для стада в среднем:

$$\text{ЦУ: } \min_{U_n \in \Omega} \sum_{n=1}^{n^*} [M_n^* - (c_n \Pi_n(U_n)) - r(U_n)] + p_n$$

$$\Pi_n(U) \leq \Pi_n^*$$

где $n = 1, 2, \dots, n^*$ – номера лактаций в генетической программе для используемой породы коров; M_n^* – заданная программа получения прибыли от одной коровы в среднем по стаду; c_n – прогнозы цен на молоко; $\Pi_n(U)$ – годовые удои в среднем по стаду по всему жизненному циклу (функция вектора управления U); Ω – область допустимых значений вектора управлений; $r(U_n)$ – годовые затраты (функция вектора управления U); p_n – потери, связанные с отбраковкой; Π_n^* – генетическая программа продуктивности по породе.

В соответствии с разработанной И.М. Михайленко концепцией достижение цели возможно за счёт решения трёх связанных между собой задач: обеспечения прохождения всего жизненного цикла от первой ($n = 1$) до последней генетически возможной и экономически целесообразной лактации ($n = n^*$); получения условного максимума прибыли по каждому лактационному периоду всего жизненного цикла; индивидуальной коррекции условного максимума прибыли для коров и стада в среднем в реальном времени [48]. При практической реализации подобных программ получение объективной информации при максимальном снижении роли человеческого фактора в управлении производством

молока возможно только за счёт использования современных технических и измерительных средств, информационных технологий и вычислительной техники. Для этого применяются специальные дистанционные датчики-измерители, закрепляемые на животном, позволяющие измерять основные физиологические параметры и выявлять симптомы заболеваний. Информация от установленных датчиков обрабатывается с применением математических моделей и алгоритмов диагностики и используется для оперативного управления кормлением и проведением профилактических мероприятий.

Одной из самых распространённых незаразных болезней животных, встречающихся на молочных предприятиях, является мастит. Данное заболевание имеет два основных вида: субклинический (скрытый) и клинический (с открытыми визуальными симптомами болезни). Наиболее опасным из них является субклинический, когда внешне вымя и выделяемое молоко выглядят абсолютно нормальными. Скрытый мастит встречается в 5-10 раз чаще, чем клинический. Если субклинический мастит не обнаружить своевременно, то через некоторое время он переходит в клиническую стадию, что приводит к необходимости снятия животного с производства для лечения с использованием антибиотиков, после которых молоко животного становится непригодным для дальнейшей переработки.

Кроме маститов существует ряд заболеваний вымени, также отмеченных снижением молочной продуктивности животного. Все эти болезни связаны по большей части с травмами молочной железы: сужением, засорением и ранами каналов молокоотдачи, новообразованиями и молочные камнями. Для детального контроля над состоянием коров в биотехнических системах управления животноводческими предприятиями выполняется анализ данных с большого количества датчиков и обобщения.

В настоящее время для предварительной идентификации заболевания животных маститом без использования химического анализа существует несколько подходов, которые основаны на анализе одного параметра – электропроводности молока. Эффективным приёмом автоматического сбора предварительной информации о возможности заболевания животных маститом может быть установка в коллекторе доильного аппарата датчиков, регистрирующих электропроводность молока. В большинстве случаев животное является подозрительным на наличие заболевания, если порог электропроводности превышает значение 6 мСм/см. Однако экспериментальные результаты показывают, что данный подход для идентификации мастита является весьма условным, так как жирность и электропроводность молочного продукта меняется сезонно и отличается на различных предприятиях. В результате

достоверность распознавания мастита с помощью данного метода варьируется от 50 до 85 % для различных предприятий при большом числе ложных срабатываний. Для большей точности диагностики мастита голландские учёные разработали компьютерный анализ трёх переменных величин – наdoa, температуры и электропроводности молока [84].

За мониторинг и подсчёт общей активности животного ответственны электронные шагомеры, специальные ошейники, детекторы движений. Большинство из них предназначены для выявления беспокойства и резкого изменения поведения животных. Обнаружение и идентификация случаев резкого увеличения активности и беспокойства животного требует специального программного обеспечения, поставляемого в составе биотехнических систем управления фермой. Используются датчики, фиксирующие время жевания жвачки, температуру в рубце (отдел желудка) и время отдыха. В настоящее время для мониторинга состояния здоровья с целью выявления потенциальных болезней у коров используются носимые устройства, закрепляемые на животном, имплантированные подкожно или размещённые в желудочно-кишечном тракте. Так, компания TekVet предлагает устройство, которое прикрепляется на ухо животному и измеряет какое-либо изменение температуры тела – первого из симптомов вероятной болезни, будь то паразит кишечника, бронхиальная инфекция или инфекционное заболевание. Незначительные изменения температуры тела зачастую не могут быть очевидны, так что данное устройство может оказаться вполне полезным для ухода за животными.

Крупнейшие производители датчиков, измеряющих двигательную активность животных (Allflex, DeLaval, Nedap Livestock Management и TDM-Afimilk), отмечают высокую эффективность таких приборов для повышения фертильности коров. Например, система AfiAct позволяет выявить животных в состоянии охоты. Физическим датчиком на корове является устройство AfiTag или AfiTag II (обновленная модификация), которое фиксируется на ноге (рис. 74). Датчик собирает информацию об активности животного и раз в 15 минут передаёт информацию на считывающее устройство, которое затем отправляет данные в систему управления AfiFa (Система автоматического выявления охоты AfiAct...smart-rb.ru>...sistema...vyuyavleniya-okhoty-afiact/). Система AfiAct II обеспечивает следующие функции: непрерывно собирает и обновляет данные о поведении и активности животных; обнаруживает снижение активности (хромые или больные коровы); обеспечивает своевременное выявления аэнуструса, абортос и нарушений полового цикла; записывает историю состояний охоты на протяжении всей жизни коровы; рассчитывает показатели плодovitости и оплодотворемости в пересчёте на одного быка или осеменителя.



Рисунок 74 – Датчики активности системы автоматического выявления охоты AfiAct

Помимо ножных датчиков, используются устройства, крепящиеся на ошейнике, одетом на шею коровы (рис. 75). Они также как и датчик на ноге собирает информацию о частоте и активности передвижений животного, на основе которой в дальнейшем программа делает вывод об физиологическом состоянии коров и генерирует списки для каждого специалиста на ферме.



Рисунок 75 – Датчики активности системы автоматического выявления охоты, закреплённые на ошейнике.

Система определения активности компании ДеЛаваль постоянно отслеживает данные об активности и репродуктивном статусе каждой коровы. Анализ активности коровы позволяет обнаруживать состояние охоты или снижение активности, которое может свидетельствовать о проблемах со здоровьем. Раннее обнаружение позволяет оперативно

реагировать: своевременно проводить осеменение или принимать меры для предотвращения снижения надоев. Установленные на ошейниках датчики активности непрерывно собирают и круглосуточно передают по беспроводному каналу данные об активности каждой коровы (рис. 76). Данные поступают в контроллер системы ALPRO или DelPro для VMS. Программное обеспечение управления стадом анализирует эти данные, выявляя коров в охоте, что позволяет увеличить эффективность цикла воспроизводства стада. Система определения активности ДелЛаваль в сочетании с системой управления стадом обеспечивает эффективность обнаружения охоты до 95 %. Она существенно сокращает затраты на воспроизводство, сокращает длительность неоплодотворенного периода и количество осеменений на одно оплодотворение. Счётчик активности позволяет обнаружить даже слабые признаки охоты, так называемую «скрытую охоту».

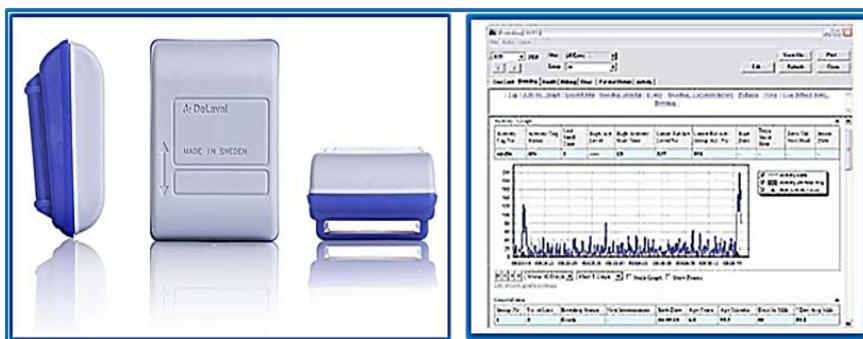


Рисунок 76 – Датчики активности компании ДелЛаваль

В турецкой системе управления стадом Astimoo для сбора информации также используется транспондер, закрепляемый при помощи ошейника. Информация, собираемая датчиком об активности животного, передается на антенны, установленные в коровнике. Для работы программы не требуется дополнительное оборудование, только ошейники с транспондерами и антенн, собирающих информацию с транспондеров.

В системе управления стадом Smartbow, разработанной на базе MKW Electronics в Австрии, устройством, осуществляющим первичный сбор данных, является ушная бирка (рис. 77), в основу работы которой заложен акселерометр. Бирка непрерывно передает в систему данные о характере двигательной активности коров, жвачке и местоположении коров внутри комплекса. Система не предназначена для идентификации животных в доильном зале и на селекционных воротах.



Рисунок 77 – Конструкция бирки Smartbow и положение бирки на ухе животного

Для использования системы коровники, галереи и доильный зал оборудуются антеннами для приема сигнала. Бирка в режиме онлайн каждые 1,4 или 16 с в зависимости от выбранного типа отправляет в систему данные о корове. Поскольку антенны крепятся по периметру помещений, животные в любой момент времени расположены в зоне действия антенн, что позволяет определить местоположение коровы внутри коровника или в доильном зале с точностью до 1 м и провести все требующиеся манипуляции с животным, при этом не вызывая дополнительного беспокойства у остальных животных в группе.

В качестве функционального устройства системы мониторинга стада CowManager (Нидерланды) также используется ушная бирка со встроенным в неё акселерометром (рис. 78).

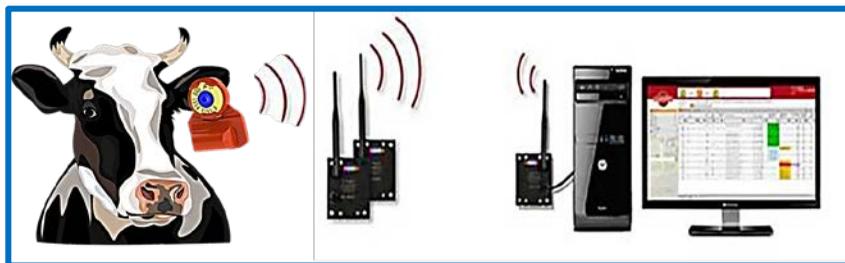


Рисунок 78 – Бирка системы CowManager (Нидерланды)

Ушная бирка улавливает колебания уха животного при различных поведенческих реакциях, передаёт сигналы на принимающие антенны, установленные коровнике, и далее в систему для дальнейшей обработки и расшифровки, а алгоритм распознаёт периоды жвачки из всех движений уха животного. Функционал системы характеризуется возможностями выявления половой охоты за счёт анализа данных о двигательной и жевательной активности коров, посуточный учёт продолжительности

жвачки и помощь в поиске животных в режиме реального времени за счёт интерактивной карты комплекса, на которой в режиме онлайн показаны животные в конкретный момент времени. Также работу с программой существенно облегчает мобильное приложение, позволяющее вносить данные в систему и просматривать информацию о животных, находясь непосредственно в коровнике.

Важным преимуществом системы CowManager является конструкция бирки, в которой помимо активного датчика, работающего от батарейки, находится встроенная бирка RFID, которая упрощает идентификацию животных в доильном зале и на селекционных воротах стандартных систем механизации и автоматизации ферм, где специфические устройства не распознаются. Таким образом, программа объединяет в себе свойства сразу нескольких систем и функций, что позволяет снизить травматичность для животных.

Информация о животном фиксируется в системе Milkline HR-LD (SCR HR- LD) поступает не только с акселерометра, но и от микрофона, который фиксирует звуки, издаваемые животным при срыгивании и глотании корма. Затем все информация и звуки поступают в программу, обрабатываются и выдаются пользователю в виде графиков. Для получения стабильных на всём протяжении времени данных микрофон должен быть зафиксирован в одном положении на шее у коровы. Как и все предыдущие устройства, эта система позволяет выявлять животных в состоянии половой охоты, а также при помощи учёта жевательной активности определять состояние здоровья животного. Программа производит анализ звуков, поступающих с микрофона и характерных для жевания жвачки. Затем фиксирует продолжительность руминации и предоставляет в виде графика (рис. 79) по каждому животному или для всех животных стада. Анализируя график жвачки за сутки, можно оценить состояние коровы, уточнить время кормления и длительность потребления корма, примерную молочную продуктивность, а также время, затраченное коровой на доение. В том случае, если происходит отклонение от стандартных данных в сторону снижения жевательной активности, программа отправляет уведомление специалисту, что у конкретного животного могут быть проблемы со здоровьем и на это нужно обратить внимание. Во время половой охоты потребление кормов и жвачка может занимать менее продолжительное время, и фиксация этих данных позволит выявить корову в охоте и осеменить её, что также улучшает показатели воспроизводства и, как следствие, экономические показатели фермы.



Рисунок 79 – Ошейник с биркой SCR HR-LD и график жевательной активности от программы SCR Heatime

В состав комплекта устройств системы RumiWatch для получения данных о животном входят специальный ошейник-намордник, схожий по виду с недоузками для лошадей, и педометр (рис. 80). Для выявления половой охоты используются данные о типе и продолжительности двигательной активности животного с помощью, специально зафиксированного ремнем на задней ноге животного устройства (педометра). Кроме данных о продолжительности движения, устройство учитывает количество и длительность периодов отдыха, благодаря чему возможно оценить, насколько комфортными являются условия в коровнике для животного при различных типах построек, полов или лежаков или в зависимости от типа подстилки (например, отсутствие подстилки, опилки, солома, высушенный навоз, резиновые маты с различным наполнением). На недоузке крепится специальная силиконовая трубка с маслянистым наполнителем-изолятором. Внутри этой трубки находится встроенный датчик давления. Когда корова совершает жевательные движения, потребляет кормосмесь или траву на пастбище, а также воду, намордник со встроенным датчиком давления меняет свою форму характерно для каждого действия животного. Специально созданный алгоритм расшифровывает значения колебаний на кривой пищевого поведения животного за период времени и распознает различные типы поведения, после чего формирует отчеты с числовыми значениями, а также графики почасовой жевательной активности потребления корма и воды.



Рисунок 80 – Недоуздок и педометр RumiWatch

В блоке недоуздка находится впаивная батарейка и SD-карта, которая хранит зашифрованную информацию о корове до 72 часов. Данные на компьютер (ноутбук) поступают со специальной антенны-ридера формата стандартного USB-накопителя. Данные первых суток при анализе обычно не учитываются, поскольку в первые сутки к устройству привыкает как само наблюдаемое животное, так и окружающие его коровы, которые обычно проявляют повышенный интерес к незнакомому устройству в начале опыта. Система RumiWatch является наиболее точной системой для изучения особенностей пищевого поведения жвачных животных и представляет собой лучшее из существующих средств для научных целей.

В течение довольно долгого времени для удовлетворения потребностей животных и балансирования минерального в рубец коров помещали кальциевые болюсы с дополнительными источниками макро- и микроминералов, которые постепенно там расщеплялись. Спустя некоторое время этот же принцип был использован и для маркировки животного. Главным преимуществом являлось то, что подобное устройство невозможно потерять.

Дополнение электронной системы управления стадом сенсорной системой Sma Xtek контроля pH рубца позволяет контролировать процессы пищеварения. Сенсорная система Австрийской фирмы «Sma Xtec animal sales GmbH» оснащена внутрирубцовой капсулой, которая постоянно измеряет уровень кислотности и температуру содержимого рубца и передает данные для анализа на компьютер (рис. 81). Полученная информация позволяет своевременно корректировать рацион, в первую очередь по количеству концентратов, исключая ацидоз на субклинической стадии. Учёными лаборатории кормления молочного скота и специалистами ООО «Старгейт» разработана аналогичная система

контроля работы рубца COWNET. В дополнение к параметрам температуры и уровня кислотности оборудование позволяет осуществлять мониторинг двигательной активности.

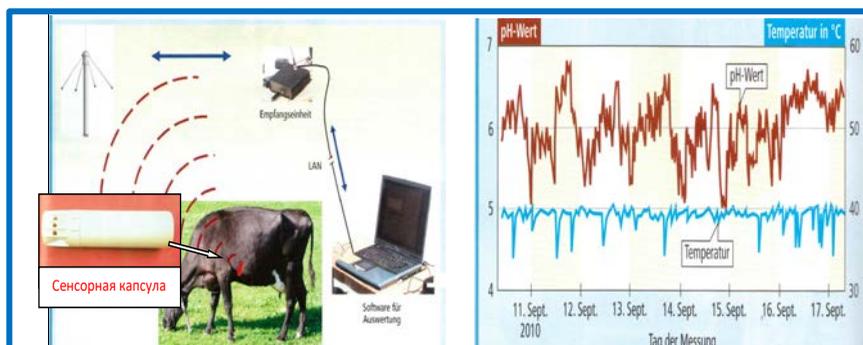


Рисунок 81 – Схема дистанционной системы контроля работы рубца

В отличие от аналога фирмы «Sma Xtec animal sales GmbH», система использует одно устройство и работает напрямую с базовой станцией оператора через интернет пользователя, что обеспечивает значительное снижение стоимости комплекта оборудования (рис. 82).

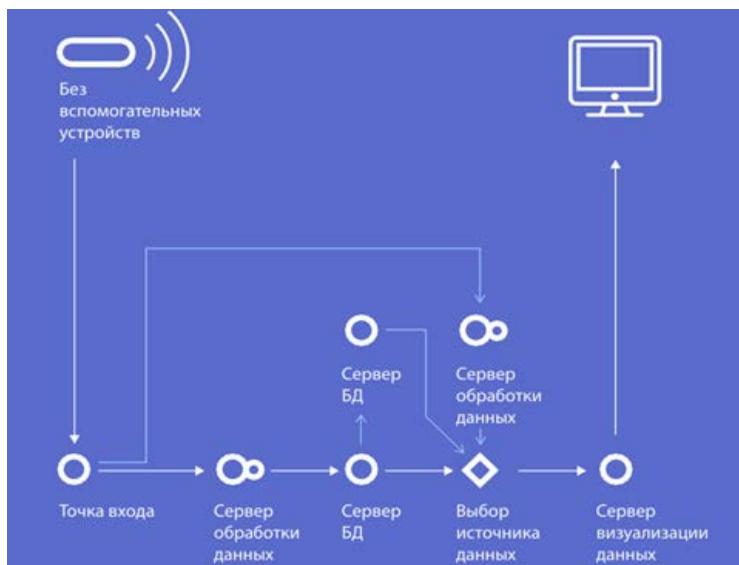


Рисунок 82 – Схема системы контроля работы рубца COWNET

Ещё один гаджет (носит название E-pill) для правильной работы должен поступить напрямую в организм животного (рис. 83). Попадая в желудок коровы, он непрерывно передает информацию с помощью «облачных сервисов». Схема действия примерно такая же, как и у продукта FitBit для человека. Эта «электронная таблетка» реагирует на такие показания как температура тела, частота сердечных сокращений, частота дыхания, уровень кислотности и другие, а также предупреждает зоотехника о грядущих проблемах со здоровьем животного. Применение устройства позволяет сократить сервис-период, увеличить молочную продуктивность за счёт сокращения межотельного периода и улучшение индекса осеменения, определить начальный период наступления болезни за счёт уведомления об уменьшении двигательной активности и снижения потребления воды.



Рисунок 83 – Устройства E-pill

Другим примером такого устройства являются датчики от компании EBOLUS. Разработчиком представлены два типа устройств для сбора информации о животном: бирка EBOLUS-TAG и болус EBOLUS (рис. 84). EBOLUS-TAG с помощью ремня фиксируется на шее животного. При помощи встроенного акселерометра устройство способно определить уровень двигательной активности и выявить животных в половой охоте.

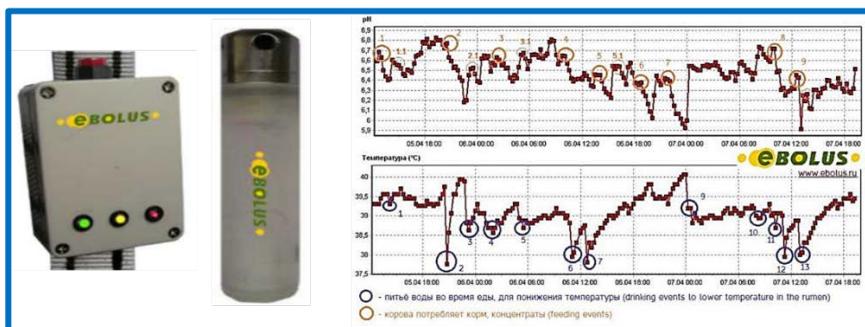


Рисунок 84 – Устройства EBOLUS-TAG и EBOLUS;
графики рН рубца и температуры тела

Болкус представляет собой устройство диаметром 27 мм и длиной 110 мм. Помимо идентификации животного в доильном зале, находясь в желудке коровы, устройство измеряет рН содержимого рубца, температуру тела коровы, руминацию (распознаёт характерные сокращения мышечной стенки рубца), кратность потребления воды. Для приема данных от болкусов в коровниках размещают специальные считывающие антенны, откуда данные поступают в программу. Программное обеспечение и уникальные алгоритмы расшифровывают данные и представляют результаты в виде графиков. Полученные данные позволяют определить продолжительность потребления кормов и воды, оценить состояние метаболических процессов (при ацидозе рН содержимого рубца может опускаться до 5,4 и менее). С помощью графиков можно оценивать фактическое влияние потребляемого животными рациона в сравнении с предполагаемым, корректировать соотношений структурной и концентратной частей рациона, учитывать влияние качества кормов на здоровье животных и их продуктивные качества.

В системе дистанционного мониторинга стада компании GEA Farm Technologies для сбора информации используется акселерометр, фиксирующийся на ошейнике и производящий измерения передвижений коров в режиме реального времени. Программа анализирует данные и при отклонениях от стандартного или от группы отправляет предупреждения. По этому же принципу осуществляется выявление половой охоты у коров и контроль состояния здоровья.

Отличием от предыдущих систем мониторинга стада является функция определения местоположения животных в режиме реального времени (рис. 85). В коровнике устанавливают антенны, которые фиксируют сигналы от бирки, расположенной на ошейнике каждого животного. Программа обрабатывает эти данные и отображает на мониторе, в какой части коровника находится животное.

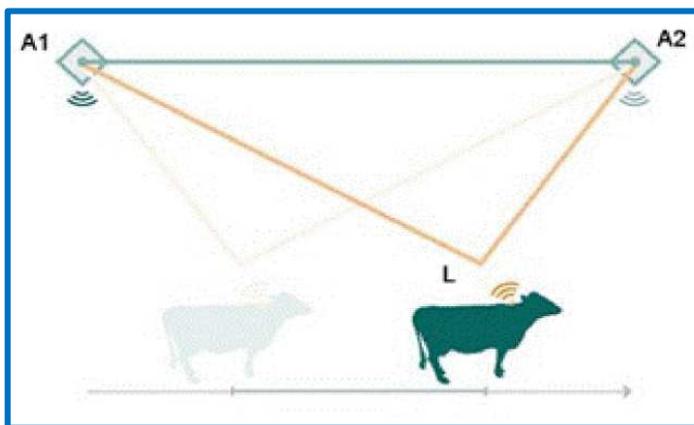


Рисунок 85 – Определение местоположение коров от системы CowView

Перспективным направлением в использовании технических средств для автоматизации мониторинга состояния животных может быть использование тепловизоров для измерения температуры поголовья скота бесконтактным путём. Принцип работы тепловизора основывается на предоставлении визуального отображения теплового излучения и видеоизображения объекта. Если в поле наблюдения датчика тепловизора попадает объект, имеющий температуру выше установленного порога, срабатывает сигнал тревоги. Анализируя термограммы поверхности вымени здоровых коров, А.Ф. Колчина, А.К. Липчинская установили, что колебания локальной температуры на симметричных участках варьируют в узких пределах [39]. Оценка термограмм молочной железы коров с клинически выраженными и скрытыми маститами (животные предварительно подвергались комплексному клиническому обследованию) показала, что температура поражённых четвертей при остром мастите по сравнению с симметричными имела различия в $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше, у животных с подострым маститом – $2\text{-}3\text{ }^{\circ}\text{C}$, со скрытым – около $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что легко визуализировалось на термограмме (рис. 86). Полученные данные согласуются с результатами исследований зарубежных учёных [1, 3], занимающихся вопросами тепловизионной диагностики патологии молочной железы, и могут быть использованы на большом количестве животных для скрининговых исследований. Дополнение этого метода ультразвуковым сканированием, по мнению ряда авторов, позволяет уточнять локализацию функциональных изменений в вымени, интенсивность патологического процесса, его распространённость, характер изменений, а также контролировать динамику функционального состояния железы [39, 64].

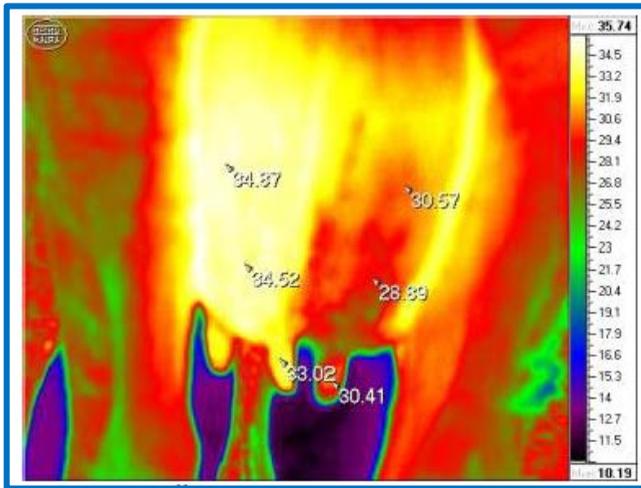


Рисунок 86 – Термограмма молочной железы коровы с острым катарально-гнойным маститом

Отмечая высокую эффективность бесконтактного автоматизированного мониторинга состояния здоровья животных, Ю.А. Цой, Р.А. Баишева [94] предлагают технологическую схему аппаратно-программного комплекса видеосцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров (рис. 87).

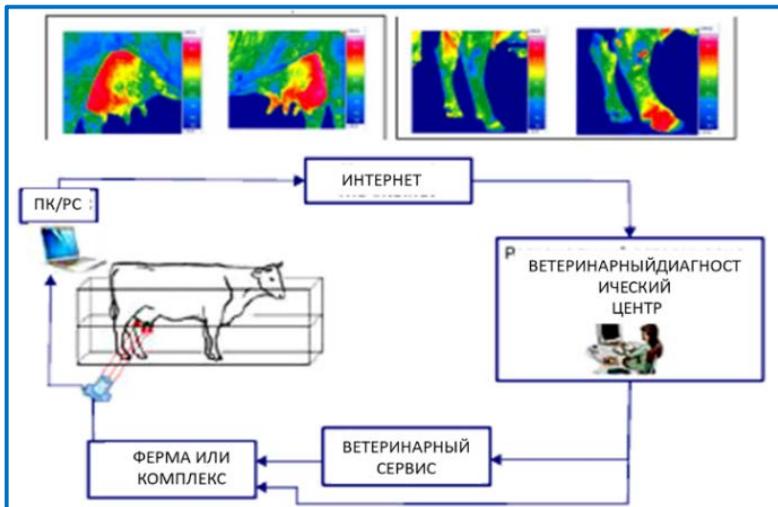


Рисунок 87 – Технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеосцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров

Современные технологии позволяют дистанционно оценивать экстерьерные характеристики животных (рис. 88), вести контроль соотношения костной, жировой и мышечной ткани на основе импедансного метода. Метод электронной бонитировки животных позволяет определить их с помощью лазерных дальномеров и камеры 3D-ToF [40].

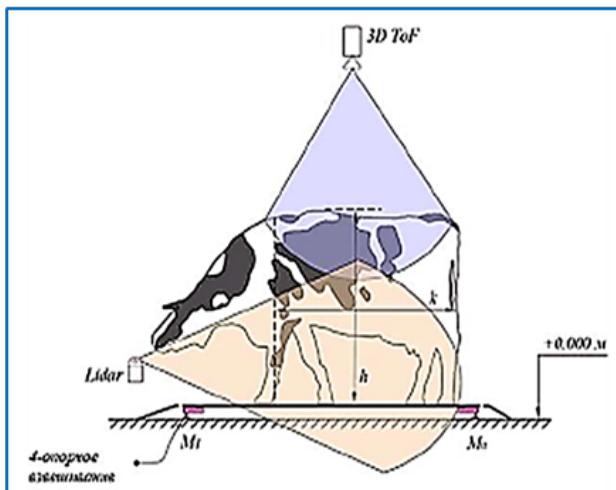


Рисунок 88 – Схема контроля показателей экстерьера

Мониторинговая система Calf Monitoring System от Futuro Farming mbH с помощью пассивного инфракрасного датчика производит опознавание моделей поведения телят и их анализ в компьютерной системе. Информация поступает к фермеру напрямую через приложение и онлайн-платформу и даёт таким образом возможность постоянного мониторинга здоровья каждого телёнка (рис. 89).



Рисунок 89 – Схема работы системы контроля поведения телят

Оптимизация рабочего процесса на ферме при помощи системы управления стадом CowView позволяет достичь лучших показателей по основным параметрам, таким как здоровье и продуктивность животных, а также позволит сэкономить время специалистов, тем самым позволяя им выполнять непосредственно работу, без длительной предварительной подготовки и анализа.

Комплексная система мониторинга Lely Qwes является частью программы управления стадом Lely TimeForCows (Т4С), фиксирует продолжительность жвачки в минутах посуточно и анализирует как индивидуальные данные коровы, так и показатели по группе и стаду. Важной особенностью программного обеспечения является то, что оно концентрирует информацию одновременно от транспондера, блока доения и кормовой станции. Эта особенность обеспечивает полный комплекс данных обо всех важных производственных параметрах животного и стада и предоставляет максимум информации для обоснования управленческих решений.

Система контроля физиологического состояния коров «Навигатор Стада™» компании ДеЛаваль позволяет автоматически измерять самый достоверный показатель статуса воспроизводства – уровень прогестерона в молоке во время доения коровы. Выявление коров в охоте и подтверждения стельности по уровню прогестерона на 24 день после осеменения проводится с вероятностью 90 % (рис. 90).



Рисунок 90 – Схема работы системы контроля физиологического состояния коров «Навигатор Стада™»

Во время доения коровы автоматически измеряет уровень фермента лактатдегидрогеназы (LDH) в молоке. Этот фермент является достоверным индикатором уровня риска мастита. Поскольку уровень LDH быстро и пропорционально увеличивается с ростом инфекции, можно

выявить риск клинического мастита за несколько дней до того, как появятся внешние признаки. Контроль ВНВ (бета-гидроксибутират) позволяет своевременно оценить риск возникновения кетоза. Это позволяет мгновенно откорректировать рацион и предотвратить потери, достигающие порядка 600 килограммов молока на корову за лактацию. Анализ содержания мочевины свидетельствует о состоянии белкового обмена. Система, используя сложную биологическую модель, автоматически определяет, у каких коров следует брать пробы, при каком доении и для определения каких параметров. Результаты анализа обрабатываются с использованием специальной биологической модели и отображаются в системе управления стадом вашей фермы. Это позволяет на ранней стадии выявлять коров, требующих особого внимания.

Ассортимент продуктов компании AfiMilk также представлен не только датчиками для коров, но и системами, устанавливающимися в доильном зале. Так, при помощи оптического прибора AfiLab, устанавливаемого в доильном зале у каждого доильного места между молокомером и молокопроводом возможно в каждую дойку, на всём её протяжении, получать информацию о качественных показателях молока, таких как количество жира и белка в молоке, электропроводности и другие, которые могут дать объективную картину состояния здоровья всего стада и каждой коровы в частности и предотвратить заболевание коров до появления клинических признаков.

Для получения обобщающей информации о состоянии здоровья и проявления физиологических функций животных на всех этапах производственного цикла, обработка и интерпретация данных датчиков контроля активности животных, а также информации с сенсоров активности рубца, счётчиков удоя и анализаторов молока должна проводиться в интегрирующей биотехнической системе (рис. 91).



Рисунок 91 – Схема накопления и анализа данных с сенсоров

Для практической реализации ветеринарных мероприятий, принимаемых на основе информации системы автоматического мониторинга показателей состояния здоровья в доильном блоке на крупных комплексах, предусматривается у зоны селекции и обработки (рис. 92), блокируемая с доильной площадкой. Каждая выдоенная группа проходит сортировочные «селекционные» ворота, где животное по команде с центрального компьютера, направляется обратно в секцию коровника, либо в зону «селекционной секции» на выдержку и проведения необходимых мероприятий по ветеринарному обслуживанию или осеменению. Помещение или площадка «селекционной секции» должны быть оборудованы специальными станками для индивидуальной или групповой обработки, а также станками для обработки копыт. При этом с целью недопущения снижения продуктивности коров здесь кормят, и они имеют свободный доступ к поилкам. После этих мероприятий их возвращают в свою секцию. Коровы, направляющиеся в коровник, проходят через дезинфекционные ванны, устроенные за сортировочными воротами в углублении пола. Одним из способов обеспечения чистоты раствора является расположение двух ванн для копыт подряд. Первая должна содержать только воду для обмывания копыт коровы, воду в этой ванне необходимо часто менять. Во второй ванне должен находиться раствор для обработки. В таких целях успешно использовались как переносные, так и постоянные ванны для копыт. Обычно длина ванн составляет 1,8-2,4 м, а глубина – 15-20 см. Как правило, они имеют ту же ширину, что и дорожка, на которой они установлены.



Рисунок 92 – Схема планировки предоильной площадки с селекционной зоной

Обобщая изложенное, можно отметить, что применение системы дистанционного контроля состояния здоровья животных на крупных комплексах может эффективно содействовать повышению их продуктивности и служить одним из ключевых элементов автоматизированной системы управления производством молока. В то же время

разнообразии технологических решений и специфических объёмно-планировочных подходов при строительстве помещений для животных выдвигает необходимость разработки структуры и организационных принципов системы бесконтактного дистанционного мониторинга физиологического состояния, продуктивности и поведения животных в конкретных условиях их содержания, включая обоснование биологических требований к программно-аппаратным средствам их автоматической оценки.

ГЛАВА 3. Интеллектуальные цифровые системы

3.1. Автоматизированная централизованная система управления фермой

Насыщенность рынка молочными продуктами определяет жёсткие требования к производителям молока по себестоимости и качеству. В условиях масштабной интенсификации производства существенное конкурентное преимущество может предоставить применение перспективных средств механизации и автоматизации в комплексе с организацией труда на основе использования современных цифровых технологий. Для выработки и принятия соответствующих в складывающейся и изменяющейся обстановке управленческих решений необходимы информация и знания, которые должны удовлетворять требованиям полноты, достоверности, своевременности (актуальности), полезности. Основополагающую роль в подготовке принятия решений играет его обоснование по имеющейся у лиц, принимающих решения, информации. В интересах выработки адекватного решения используются внутренние информационные ресурсы, которые складываются из отражения деятельности (функционирования) объекта в документах, других видах и способах сбора, обработки, хранения информации. А также внешние по отношению к объекту информационные ресурсы, например (если это предприятие), корпорации, отрасли, регионы, и глобальные – из средств массовой информации, специальной литературы, всемирной информационной сети Internet и т. д. Таким образом, границы информационного пространства как отображения деятельности предприятия и его взаимодействия с внешней средой, в рамках которого принимаются решения, выходят далеко за пределы предприятия.

Названные обстоятельства вынуждают использовать имеющиеся в настоящее время весьма развитые программно-технические средства. Широкое и эффективное применение этих средств стало одним из факторов выживаемости и успеха предприятия в условиях острой

конкурентной борьбы. Получили широкое распространение автоматизированные информационные системы (ИАС), которые в последние годы чаще называют информационные системы мониторинга, подразумевая, что без автоматизации их просто невозможно представить. Проблема анализа исходной информации для принятия решений оказалась настолько значимой, что появилось отдельное направление или вид информационных систем – информационно-аналитические системы (ИАС), представляющие комплекс аппаратных, программных средств, информационных ресурсов, методик, в совокупности образующих информационно-аналитическую модель предприятия. Эти модели используются для обеспечения автоматизации аналитических работ в целях обоснования и принятия управленческих решений. Проблема аналитической подготовки принятия решений приобретает следующие компоненты:

- извлечение из многих источников разнородных данных, представленных в различных форматах, и приведение их к единому формату и единой структуре;
- организация хранения и предоставления пользователям необходимой для принятия решений информации;
- собственно анализ (в том числе оперативный и интеллектуальный) и подготовка регулярной оценки состояния управляемого объекта в документах или экранных формах;
- подготовка результатов оперативного и интеллектуального анализа для эффективного их восприятия потребителями и принятия на её основе адекватных решений.

Реализация концепции «умная ферма» выдвигает в качестве приоритетов исследования по созданию методов и средств информационного обеспечения и современных роботизированных исполнительных органов. В этом направлении можно выделить следующие перспективные работы: создание автоматизированной технологии и оборудования для проведения бонитировочных работ с обработкой и предоставлением данных в электронном или бумажном виде; бесконтактный дистанционный контроль за состоянием животных; разработка комплекта датчиков и программно-аппаратных средств для оценки физиологического состояния животных; автоматизированный контроль качества молока в потоке на доильных установках (по содержанию белка, жира, соматических клеток). Автоматизация трудоёмких процессов в животноводстве значительно сокращает затраты ручного труда на получение какого-либо вида продукции, обеспечивая при этом хорошее качество выполняемых работ и работу механизмов в оптимальных эксплуатационных режимах. Она может быть частичной и полной. В первом случае приёмы выполняют лишь часть необходимых операций, облегчая работу

оператора, во втором – они полностью заменяют его.

Полная автоматизация производственных процессов имеет следующие особенности. Приборы автоматического управления технологическими процессами должны своевременно пускать установки или машины в ход, останавливать, изменять скорость и направление ее движения, если это требуется по характеру работы. Чтобы освободить оператора от этих операций, применяют устройства автоматического управления. В процессе работы установки часто бывает необходимо поддерживать заданный технологический режим. Оператор воздействует на регулирующие органы и по показаниям приборов управляет машиной. При отсутствии оператора режим работы должен поддерживаться автоматически. Отсюда вытекает необходимость в автоматическом регулировании производственного процесса. При автоматизации процессов возникает необходимость в устройствах, способных самостоятельно устранять возможные повреждения, то есть в средствах автоматической защиты.

Задачи управления «умной фермой» носят многоплановый характер, включающий как управление отдельными машинами и процессами, так и принятие решений в условиях неполноты информации (неопределённости). Для обработки информации на фермах чаще всего используют программы «Управление стадом», которые зачастую предоставляются поставщиками доильных и кормораздаточных систем. Программа управления стадом предоставляет много важной информации специалистам как зоотехнической, так и ветеринарной службы. От того, насколько грамотно они смогут воспользоваться этой информацией, зависит продуктивность животных, показатели воспроизводства, эффективность производства в целом и, соответственно, экономические показатели предприятия. Для управления молочным стадом можно применять на ферме компьютерные программы, которые могут состоять из отдельных модулей: календаря воспроизводства, молочной продуктивности, регистрации двигательной активности с определением охоты, управления кормлением. С помощью модулей осуществляется контроль за животными во время дойки: учитывают надой, контролируют процесс охлаждения молока и промывки доильного оборудования, содержат информацию по рационам кормления и распределению порций для отдельных коров. Внедрение электронных систем управления стадом повышает удобство обслуживания и производительность, позволяет значительно экономить на трудовых и энергоресурсах. Для контроля воспроизводства стада в каждой программе есть электронный график по всем коровам. Программа заранее выдает информацию по тем животным, которые должны в ближайшее время прийти в охоту. Специалист по искусственному осеменению сможет подобрать для каждой из коров

подходящее семя от конкретного быка. Приход коров в охоту определяется по учёту и анализу двигательной активности животного с помощью датчиков активности или педометров (датчиков, которые крепятся на ногу). С датчиков информация поступает через антенну в центральный компьютер, результаты обрабатываются и выдаются в виде графиков или числовых значений. Корову в охоте компьютер с помощью специальных селекционных ворот, регулируемых модулем селекции, отделяет от общего стада, чтобы с ней начинали работать ветеринарный врач и техник искусственного осеменения.

Основные возможности программ управления стадом:

1. По каждому животному, группе, категории животных или стаду в целом ведется анализ показателей жизнедеятельности животных (история развития, продуктивность, воспроизводство, ветеринария, родовая, моторика желудка, время наступления половой охоты и т. д.).

2. Анализ показателей жизнедеятельности стада позволяет оценить работу с животными в разрезе различных факторов.

3. Учёт проведённых зоотехнических и ветеринарных мероприятий, прогноз мероприятий и событий, контроль своевременности их выполнения.

4. Полный учёт, контроль и анализ ветеринарной обстановки на предприятии позволяет оценивать как текущее состояние, так и историю ветеринарной обстановки.

5. Контроль над кормлением (отгрузка, смешивание, соблюдение режима кормления).

6. Контроль над параметрами доения.

7. Учёт и анализ причин выбытия животных и других манипуляций с животными.

8. Анализ, оценка и сравнение эффективности работы персонала. Статистика деятельности сотрудников хозяйства.

9. Современные программы позволяют получать информацию и контролировать обстановку на ферме в онлайн-режиме (удалённо) с помощью устройства, имеющего доступ в интернет.

Программы, взаимодействующие с блоками доения, воспроизводства, ветеринарии, выращивания ремонтного молодняка, кормления: Dairy Comp 305; DairyPlan; DelPro; AfiFarm; Unitrack; Milkline DataFlow; MilkCentre; ВинПульса; FARMSOFT.

Программы, взаимодействующие с блоком воспроизводства: СЕЛ-ЭКС; МРG™ – программа для подбора группы быков под индивидуальные цели селекции хозяйства; МАР™ – программа, корректирующая подбор быков для максимального генетического прогресса; G-MAPSM (геномная версия МАР) – корректирует подбор быков к маточному поголовью на основе оценки женских особей; BOLT™ – закрепляет быков

за маточным поголовьем с целью исключения инбридинга; Sort-Gate™ – разделяет маточное поголовье по племенной ценности с целью принятия стратегических решений.

Программы, позволяющие контролировать кормление коров. Известные фирмы-производители доильного оборудования имеют в своей программе для управления стадом блок кормления: DairyPlan от GEA, израильская система управления стадом AFIKIM, голландская родственница AFIKIM – программа управления стадом Crystal и т. д. Некоторые, такие как AFIKIM и Crystal, имеют возможность синхронизироваться с «чужим» оборудованием, некоторые нет. Также лидирующее место на рынке завоевали программы ALPRO Feed Manager от DeLaval, DTM Core от компании Dinamica Generale.

Необходимо отметить, что в настоящее время нет систем, выполняющих функции технологического мониторинга производства молока в полном объёме. Однако ряд разработок имеют высокую степень интеграции в технологический процесс молочно-товарной фермы.

Ведущие мировые кампании в области механизации и автоматизации технологических процессов на фермах крупного рогатого скота, такие как DeLaval, SAC, WestfaliaSurge и др. выпускают доильные системы, в которых осуществляется учёт полученной продукции, определение её качества, контроль здоровья животных и технического состояния технологического оборудования.

Техническую базу для применения интеллектуальных систем управления предоставляет применение в животноводстве роботов для выполнения наиболее трудоёмких операций. При этом использование роботизированных систем в индустриальном производстве обеспечивает не только повышение производительности труда, интенсивности использования оборудования, исключение ручного труда, но и создание наиболее благоприятных и комфортных условий для биологических объектов [6]. Наиболее распространёнными являются автоматизированные системы доения, кормления и создания оптимального микроклимата [6, 26, 41, 52, 54, 68].

По мнению Н.М. Морозова [54], современное оборудование для комплексной автоматизации производства позволяет максимально сократить участие человека в сложных технологических процессах, исключить его влияние на уровень соблюдения технологических инструкций, освободить работника от управления локальными операциями, оставляя за ним организацию взаимодействия оборудования:

- поддерживать заданный технологический режим, обеспечивать высокую точность соблюдения параметров технологий, рецептур, дозировки компонентов;
- контролировать качество продукции на основных этапах;

- отслеживать количество и ассортимент продукции, оперативно изменять их;

- выявлять отклонения, минимизировать потери сырья и материалов;

- получать в оперативном режиме комплексную информацию о производстве для последующего технико-экономического анализа.

Отмечая важность широкого применения трудосберегающих технологий, базирующихся на применении робототехники, Е.А. Скворцов с соавторами акцентируют внимание на интеллектуальной функции такого оборудования, заключающейся в оперативном получении информации о выполняемых процессах и производимой продукции для повышения эффективности принятия и реализации управленческих решений в сельскохозяйственном производстве [65]. Молочную ферму, функционирующую по такому принципу автоматизации и управления, можно классифицировать как «умную», то есть как инструмент поддержки принятия решений позволяющий органично объединить оборудование, услуги и интеллектуальную составляющую (знания) для повышения качества молока, управления стадом, повышения продуктивности и рентабельности [94]. Обязательными условиями ее функционирования должны быть:

- информатизация всех процессов, производимых на ферме с использованием элементов BigData;

- минимизация неопределенностей, в т. ч. и влияния «человеческого» фактора;

- максимальный учёт природно-климатических и социально-экономических особенностей региона;

- наличие подготовленных кадров.

Объективная потребность предприятий в переходе на цифровые, интеллектуальные системы и робототехнику обусловлена необходимостью внесения ряда изменений в технологический процесс [65], основными из которых являются:

- повышение производительности труда в сельхозорганизациях. В случае правильно выбранных роботизированных систем производительность труда по сравнению с ручным производством возрастает в разы или на порядок;

- повышение безопасности и улучшения условий труда;

- повышение качества сельскохозяйственной продукции. Снижение роли человеческого фактора приводит к минимизации ошибок рабочих и сохранению постоянной повторяемости на всей производственной программе;

- повышение содержательности труда в сельском хозяйстве. Применение принципиально новых технических решений на основе робототехники, позволяет освободить человека от однообразных физически

тяжелых и лишенных интеллектуального содержания операций.

Оценивая системы управления технологическими процессами, предлагаемые ведущими поставщиками доильного оборудования, О.А. Ивашук, И.С. Константинов, О.П. Архипов [29] считают высококачественные средства автоматизации отдельных процессов не полностью соответствующими критериям «умная ферма», поскольку они не являются принципиально новыми технологиями управления сельскохозяйственным производством и отмечают, что имеющийся на сегодня ассортимент программных продуктов для АПК не может обеспечить реализацию всех требований по обеспечению необходимой информацией и услугами для создания инновационной молочной фермы. Учёные полагают, что интеллектуальная система управления «умной фермой» должна функционировать на основе автоматизированного комплекса и иметь, во-первых, достоверную информацию о текущем состоянии объекта управления АСУ, во-вторых, достаточно полное множество альтернативных сценариев управления, сформированных на основании производственных, социальных и финансовых, экологических прогнозов. Эти задачи решаются на уровне специализированных подсистем АСУ: системы интеллектуального мониторинга и интеллектуальной системы поддержки принятия решений (рис. 93).

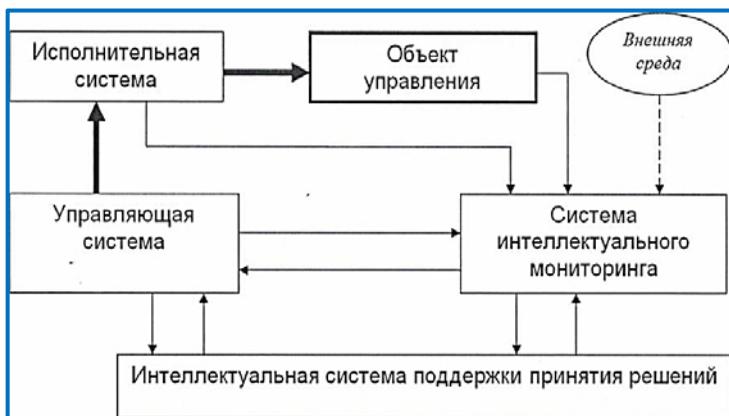


Рисунок 93 – Укрупнённая структура автоматизированной системы управления «умной фермой»

Система интеллектуального мониторинга является адаптивной и объединяет следующие компоненты:

- блок *сбора информации*, в котором собираются параметры текущего состояния характеристик рассматриваемого предприятия, параметры Программы развития, состояния и результатов

функционирования управляющей системы, системы предоставления услуг, а также фиксируются параметры контролируемых внешних воздействий;

- блок *оперативной оценки текущего состояния*, в котором в соответствии с определёнными математическими и компьютерными моделями осуществляется предварительная обработка и оценка показателей текущего состояния объекта управления АСУ, сформированного в результате совокупного влияния внешней среды и управляющих воздействий, его визуализация. Именно введение данного блока обеспечивает интеллектуализацию подсистемы мониторинга.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений (ИС-ППР) производит переработку информации, полученной от системы мониторинга и других подсистем АСУ, в форму, пригодную для принятия управленческих решений, осуществляет её хранение и предоставление в удобном и наглядном виде в управляющую систему.

Важной составной частью ИСППР является *логико-математическая модель*, которая должна обеспечивать возможность проведения многовариантных расчётов альтернативных сценариев управления для получения прогнозных оценок критериев достижения поставленных целей и визуализацию результатов.

В соответствии с новым категорным подходом в системе управления «умной фермой» Ю.А. Цой, Г.К. Толоконников предлагают выделить или специально спроектировать подсистемы, отвечающие за отдельные процессы и технологические цепочки, которые, в свою очередь, в целях обеспечения эффективности управления должны быть организованы с учётом системообразующего фактора, принципов изоморфизма и иерархичности в подсистемы в виде четырёх контуров управления: контур управления типовыми датчиками, контур управления механизмами, контур управления состоянием животного и контур контроля персонала [93]. Отмеченные контуры управления работой механизмов и контроля состояния животных в том или ином виде встречаются в большинстве систем автоматизированного управления технологическими процессами. Особый интерес представляет организация работы предлагаемого авторами контура контроля работы персонала.

Алгоритм работы контура включает следующие позиции:

- формирование перечня основных видов работы на день для каждого работника, с которым он знакомится по приходу на работу, при этом факт ознакомления фиксируется в компьютерной системе;
- система имеет функции напоминания работнику тех пунктов, которые он задерживает и не выполняет;
- программное обеспечение за счёт показаний датчиков различного типа, отчётности сотрудников и т. п., ведёт контроль исполнения

пунктов списка работ на день, закреплённого за сотрудником;

- как выполнение, так и рассогласование с указанием замечаний (во-время, не вовремя и т. п.) выполненных пунктов со списком доводится в рамках АРМ до руководителя и до собственника фермы;

- система содержит АРМ для руководителя фермы и АРМ для собственника фермы;

- система имеет функции доведения до сведения руководителя фермы и собственника фермы сводной информации о выполнении пунктов заданий всеми сотрудниками фермы, а также функции возможности напоминания сотрудникам о невыполненных пунктах списка;

- текущие данные о контроле влияют на денежное вознаграждение и иные стимулы к труду каждого работника фермы.

Создание «умной фермы» с интеллектуальной системой управления технологическими процессами позволит значительно повысить эффективность производства только при комплексной автоматизации всех участков, цехов и службы предприятия, функционирующих как единый взаимосвязанный комплекс (рис. 94). Роль человека будет сводиться к общему контролю и управлению работой производственного комплекса [27, 75]. Управление умной фермой осуществляется через ряд автоматизированных блоков.



Рисунок 94 – Интеллектуальная система управления умной фермой

Автоматизированный блок исходной информации предусматривает выбор типа предприятия, его назначения, а также наличие ресурсов, планируемое поголовье, природно-климатическая характеристика зоны

расположения планируемой фермы, создание кормовой базы, наличие компьютерных программ и другое. Данный блок через центр управления связан с автоматизированным блоком определения технологических и технических решений. Это наиболее значительный блок, определяющий основу планируемой фермы – её технологическую часть и техническое оснащение технологических процессов. Наиболее ответственный – автоматизированный блок управления технологическими процессами: содержание животных, кормление, доение, поение, навозоудаление, утилизация навоза, создание комфортных условий для содержания животных. Завершающим в системе интеллектуального управления «умной фермы» является автоматический блок анализа результатов деятельности предприятия и корректировки управленческих решений.

Разрабатывая концепцию создания «умной» молочной фермы, Ю.А. Цой, Р.А. Баишева считают необходимым применение современного системного подхода и интеллектуальных технологий биомашсистем [94]. Они отмечают, что четырёхзвенная система (человек – машина – животное – потребитель) функционирует в конкурентной среде, где имеются и другие производители, и определяют главной целью управления фермой обеспечение её доходности, являющейся ключевым и системообразующим фактором для её устойчивого развития.

Обеспечение необходимых и достаточных условий производства и управления факторами, определяющими жизнедеятельность и продуктивность коров, составляет суть подсистемы управления молочной фермой как расширенной эргатической системой или биомашсистемой. Исходя из доходности фермы и факторов её определяющих, структура молочной фермы, как расширенной эргатической системы, может быть представлена в следующем виде (рис. 95). Из схемы видно, что задачи управления носят многоплановый характер, начиная от управления отдельными машинами и процессами до принятия решений в условиях волатильности факторов, определяющих как продуктовый, так и инфраструктурный рынок. Определяющими блоками системы управления будут: система кормления («источник энергии»); воспроизводство стада или система управления стадом; доение, как блок, регистрирующий конечные результаты.

Каждый фактор, определяющий жизнедеятельность и функционирование фермы, как расширенной эргатической системы «человек - машина-животное», представлен в виде отдельного блока, содержащего в том или ином виде (датчик, техническое устройство и т.д.) цифровой информационный блок (ЦИБ), соединенный информационными каналами с ПК лица, принимающего решения (ЛПР).

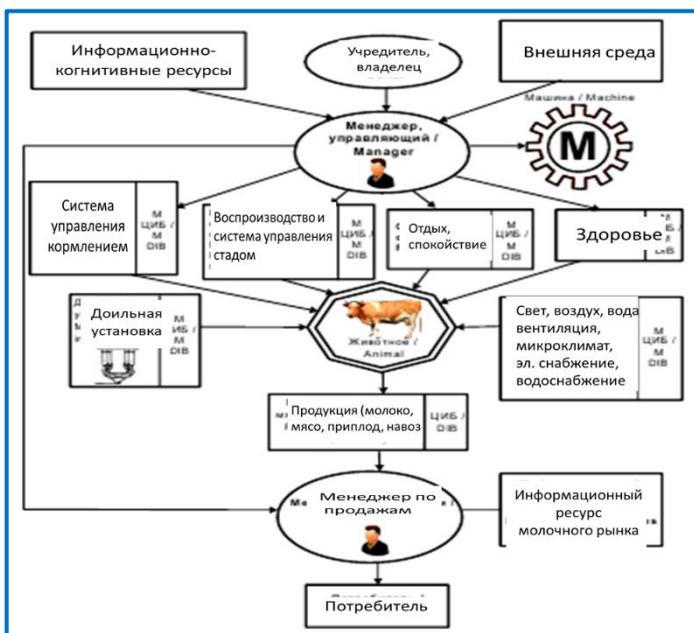


Рисунок 95 – Структура молочной фермы как расширенной эргатической системы: М – выполнение процесса машиной; ЦИБ – цифровой информационный блок

База данных формируется в виде функциональных файлов по каждому из основных факторов. Соответственно по каждому из них, в зависимости от задач анализа, разрабатываются комплекс алгоритмов и программное обеспечение, а также выходные формы. Результаты анализа полученных данных дают основание для принятия решения [97]. Оценивая комплексность решений автоматизации производственного процесса и информатизации управления Ю.А. Иванов с соавторами считают, что система создается исходя из индивидуальных требований различных подразделений предприятия в соответствии с их функциями, в то время как оптимальная структура управления требует высокого уровня информационных связей, взаимовязанной работы всех секторов, подчинения их единым целям и задачам [27]. При этом работа каждого сектора опирается на различные аппаратные, программные и информационные стандарты. На рисунке 96 представлена схема систем взаимодействия отраслей в АПК, работа которых в целом направлена на повышение эффективности производства продукции животноводства. Подобная структура интеллектуальной системы управления и обеспечения эффективного производства продукции молочного скотоводства на

основе «умной фермы» охватывает ряд смежных предприятий и может быть рекомендована для региональных образований.

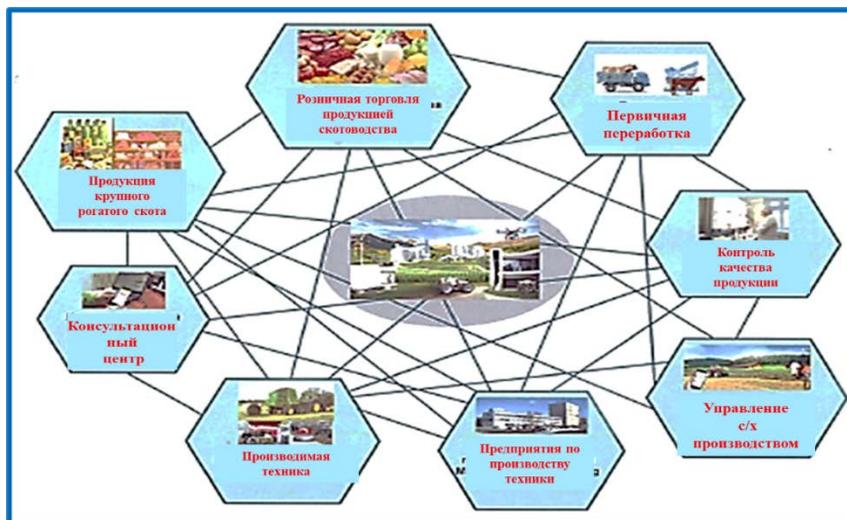


Рисунок 96 – Схема системы обеспечения эффективности функционирования производства продукции животноводства

Таким образом, информация о показателях состоянии объекта «умная ферма» в соответствии с принятой моделью поступает в систему интеллектуального мониторинга, где преобразовывается в цифровой формат, проводится ее предварительный анализ, результаты которого поступают в управляющую систему и выдётся прогноз управленческого решения. Однако принятие управленческих решений на основе анализа полученной оперативной информации по контролю воспроизводства животных (отёлы, осеменение, проверки на стельность; гинекологическая диспансеризация), учёту, планированию и контролю переводов в группы (запуска, сухостоя, отёлов, в новотельных, раздоя и осеменения, дойных), учёту поступлений и выбытий животных, ряду других зооветеринарных мероприятий осуществляется руководителями и специалистами фермы. Эффективность управления технологическими процессами в значительной степени зависит от квалификации специалистов и не исключает возможность субъективного малопродуктивного использования ресурсов в системе «человек-машина-животное». Решением проблемы может быть применение на роботизированной ферме автоматической, базирующейся на использовании цифровых технологий (искусственный интеллект, большие данные, нейронные сети и др.), не требующей участия человека (оператора, животновода, ветеринара и др.)

системы сбора информации о животных и производственных операциях и, на основании их анализа, корректирующей технологический процесс.

Разработка структуры интеллектуальных цифровых систем управления, интегрирующей локальные модули контроля физиологического состояния, управления микроклиматом, анализа продуктивности и племенной ценности, роботизированного доения и кормления в единый автоматизированный централизованный блок управления обеспечит контроль всех показателей для анализа производственного процесса и принятия эффективных управленческих решений. Что позволит реализовать основной принцип пятого технологического уклада в АПК: *человек обслуживает не отдельных животных, а средства автоматизации*. Именно этот принцип и есть та основа промышленного производства продукции животноводства, которая гарантирует достаточно стабильные показатели качества исходного сырья для переработки.

Реализация концепции технологии производства молока, основанной на интеллектуальных цифровых системах управления производством с применением роботизированных средства выполнения основных производственных операций и базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния животных, обеспечит проведение всех элементов производственного цикла по принципу «точно-вовремя», что окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров до 4-5 лактаций, обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции.

В перспективе система управления, построенная на вертикальных и горизонтальных принципах обмена информацией и анализе большого количества факторов, позволит оперативно автоматически оптимизировать производственные операции в соответствии с меняющимися технологическими и экономическими требованиями, минимизировав возможность применения мало эффективных или ошибочных управленческих решений, обеспечив таким образом эффективное производство (рис. 97).

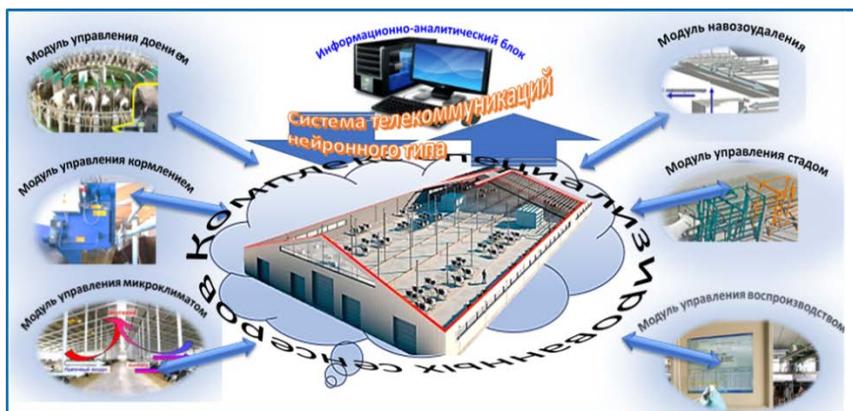


Рисунок 97 – Схема системы управления, построенной на вертикальных и горизонтальных принципах обмена информацией

Создание цифровых технологий по принципу «умная ферма» обеспечит:

- *независимость и конкурентоспособность отечественного животноводческого комплекса;*
- *привлечение инвестиций; создание и внедрение технологий повышения молочной продуктивности животных до 13 000 л/год;*
- *снижение уровня заболеваемости коров маститом и следовательно снижение затрат на антибиотики;*
- *создание и внедрение технологий автономного производства (без присутствия (отсутствия) оператора), энергоэффективности и энергоёмкости в «умной ферме»;*
- *создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.*

3.2. Модули технико-технологических решений

Современная молочно-товарная ферма представляет собой сложный инженерный комплекс, включающий технические элементы, обеспечивающие комфортное содержание, кормление, доение, поение и другие технологические операции, которые представляют собой локальные биотехнические подсистемы. Различия в физиологических потребностях животных на определённых фазах жизненного цикла к кормлению, условиям содержания, параметрам микроклимата обуславливают необходимость формирования технологических групп, позволяющих организовать их дифференцированное обслуживание. Для обеспечения точного принципа производства в помещениях для животных

предусматриваются специализированные технологические сектора с соответствующей планировкой и техническим оснащением. Их можно рассматривать как отдельные производственные модули, совокупность которых позволяет сформировать предприятие с полным технологическим циклом.

Проанализировав различные технологии производства молока при различных вариантах организации и структуры стада, И.А. Тихомиров предлагает модульное построение молочной фермы. Такой коровник содержит помещения для содержания коров, их отёла и выращивания телят, хранения и приготовления кормов, доильного зала с молочной лабораторией [85]. Модульный принцип в данном случае заключается в возможности расширения фермы при наращивании поголовья животных путем дополнения существующего производства соответствующими блоками, увеличивающими мощность базового варианта при снижении инвестиций. Несколько иной подход к модульному построению ферм В.В. Кирсанова [34]. Ссылаясь на исследования Rong L. et al. [4], он считает, что структурная типизация и модульное построение предполагает создание структурно-функциональных моделей, включающих в себя законченные модульные единицы (МЕ): помещения для животных (коровники, телятники), автоматизированные и роботизированные доильно-молочные блоки, секционные хранилища кормов и отходов, выгульные площадки и др. Они, в свою очередь, содержат пассивные и активные машинно-технологические модули, преобразующие материальные потоки, направляемые к животным или получаемые от них, и информационно-аналитические модули, обрабатывающие информационные потоки, поступающие от машинно-технологических модулей и животных в АСУ фермы и обратно [80]. К пассивным технологическим модулям В.В. Кирсанов [34], опираясь на работы Simensen E. et al. [2], предлагает отнести стойловое оборудование для содержания животных, ограждение кормового стола, накопительные начальные, конечные и регулирующие ёмкости (секционные кормохранилища, навозохранилища, водонапорные башни и др.), накопительные и регулирующие площадки для движения поголовья животных в доильных залах, выгульных площадках, эстакадах погрузки животных, пастбищах и др. В активных машинно-технологических модулях, как считают Ю.А. Иванов и др., происходит перемещение и трансформация соответствующих материальных потоков (молоко в доильных залах, корма в кормораздающих агрегатах, навоз в навозоуборочных транспортерах, потоки воздуха в модулях обеспечения микроклимата, потоки воды в оборудовании для автопоения и др.) [30].

Информационные компоненты системы управления фермой могут базироваться на машинно-технологических модулях в качестве

бортовых контроллеров, информационно-аналитических устройств, систем приёма-передачи информации, а также представлять информационно-накопительные ресурсы (программы, базы данных и др.). При взаимодействии машинно-технологических модулей с биологическими объектами образуются локальные биотехнические системы (ЛБТС): доения, кормления, навозоудаления и др., обслуживающие животных.

Оптимизация структурно-логистических схем функционирования подсистем по контролю и управлению потребляемыми материальными ресурсами и получаемыми производственными потоками осуществляется при обосновании технологической планировки животноводческих помещений.

Модульные единицы, обладающие структурно-функциональной и объёмно-планировочной законченностью, могут включать в себя несколько машинно-технологических модулей. Применение такой концепции при проектировании ферм позволит создать дифференцированные условия для различных половозрастных групп с использованием унифицированного оборудования и единых программ управления.

С учётом изложенного, на крупном молочном комплексе, на основании однородности решаемых технологических задач путём взаимодействия групп специализированных машин с биологическими объектами, могут быть выделены отдельные технологические модули содержания, вентиляции, доения, кормления, навозоудаления и др., обладающие функциями частичного или полностью автономного функционирования. Соответствовать критериям модуля, обеспечивающего комфортную среду обитания в ограниченном пространстве производственного помещения, может технологическая секция для содержания различных половозрастных групп животных. В коровнике наиболее полно отвечать физиологическим требованиям животных к возможности свободной реализации суточного ритма потребления корма, отдыха и активного движения, обеспечивать возможность комплексной автоматизации выполнения технологических операций может секция на 80-100 голов с беспривязно-боксовым содержанием и удалением навоза скреперной установкой.

Пассивная часть данного машинно-технологического модуля определяется объёмно-планировочными решениями при проектировании и строительстве. Вариант планировки секции, оснащенной боксами для отдыха коров, пол в которых покрыт полимерными ковриками или матрасами, не требующими внесения подстилки, в процессе эксплуатации остается стабильным и, поэтому, не допускает возможности оперативной корректировки конструктивных элементов. Активным элементом, в случае использования для отдыха глубоких боксов с подстилкой, будет система машин для её внесения. Для автоматизации процесса

периодического внесения постилки может использоваться стационарный ленточный транспортер, закреплённый над рядами боксов и оснащённый скребком скользящим над лентой (рис. 98). Загружается транспортер подстилочным материалом из стационарного смесителя аналогичного линиям раздачи кормов.



Рисунок 98 – Варианты ленточных транспортеров

Альтернативным вариантом может быть бетонные щелевые полы, обеспечивающие высокую гигиену в животноводческих помещениях и значительно сокращающие ручной труд (рис. 99). Полы, как правило, монтируются над каналами навозоудаления. Их устройство способствует применению современных технологий утилизации навоза, позволяющих механизировать навозоудаление, существенно улучшить условия труда и облегчить или исключить неприятные трудоёмкие ручные работы.



Рисунок 99 – Схема щелевого пола в коровнике

Щелевые полы должны иметь эффективную противоскользкую поверхность, не требующую затрат по очистке, а также высокую прочность и устойчивость по отношению к агрессивным фракциям навоза.

Активным машино-технологическим элементом в модуле содержания является система обеспечения микроклимата. Создать среду обитания, которая одновременно обеспечивала бы максимальную продуктивность и здоровье животных, нормальные условия работы персонала, технологического оборудования и здания, отвечала санитарным, экологическим и экономическим требованиям, возможно только путём автоматического регулирования потоков воздуха, поступающего и удаляемого из помещения.

Контроль параметров микроклимата на основе анализа показателей установленных в помещении датчиков, а также управление системой регулируемых приточных и вытяжных устройств (приток осуществляется через регулируемые шторами проемы в боковых стенах, вытяжка через регулируемый конек) и работой «разгонных» вентиляторов при их применении, осуществляется специализированными контроллерами, которые могут входить в общую схему интеллектуального управления фермой.

Структурно-функциональной модульной единицей, осуществляющей функцию автоматизированного доения, могут быть доильные роботы. Производительность большинства однобоксовых доильных роботов до 60 коров в сутки. Для крупных молочных ферм могут быть использованы несколько однобоксовых роботов или одна многобоксовая роботизированная доильная система (рис. 100).

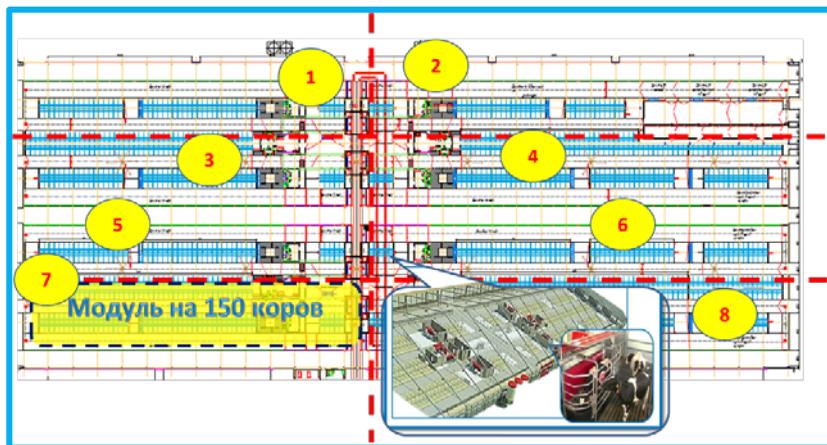


Рисунок 100 – Схема планировки коровника многобоксовой роботизированной доильной системой Lely Astronaut

Группировка нескольких однобоксовых роботов на одной площадке позволяет более рационально организовать формирование технологических групп на крупном комплексе, синхронизировав комплектацию секций коровников с ритмом работы родильного отделения. При этом общий блок управления объединяет центральный вакуум и систему очистки стойл роботов, а также упрощает систему интеграции управляющих функций отдельных модулей в общую цифровую базу программы менеджмента фермы.

Особой моделью модульного построения технологии крупного комплекса может быть применение системы роботизированного доения животных на доильной площадке роторного типа в сочетании с характерным для предприятий с промышленным типом организации производства, дифференцированным по физиологическому состоянию и продуктивности содержанием коров группами по 100-150 голов. Роботизированная «Карусель» совмещает в себе плюсы роботизированного доения и быстроту обслуживания больших поголовий, что наиболее приемлемо при промышленном производстве молока.

Структурно-функциональная модель модульной единицы (МЕд) – автоматизированного доильного зала – в предпочтительном воплощении может выглядеть, по мнению В.В. Кирсанова [34], следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{МЕ}_{\text{дач}} = & [\text{П}_{\text{тм}} : \text{F}_p \wedge \text{П}_{\text{ж}}] \wedge [\text{A}_{\text{ад}}^a : [\text{E}_{\text{дач}}(2 \times 3 \dots 2 \times 16) \vee \\ & \vee \text{П}_{\text{дач}}(2 \times 16 \dots 2 \times 48) \vee \text{K}_{\text{дач}}(24 \dots 72)] \wedge \text{M}_{\text{ам}} \wedge \text{M}_{\text{ду}}^{\text{пр}} \wedge \\ & \wedge \text{И}_{\text{ж}}^a]] \wedge [\text{A}_{\text{пом}}^a : \text{f}_m \wedge \text{T}_{\text{охл}}(2,0 \dots 20,0) \wedge \text{M}_{\text{км}} \wedge \text{M}_{\text{т}}^{\text{пр}}] \wedge \text{C}_{\text{вых}}, \end{aligned}$$

где $\text{МЕ}_{\text{дач}}$ – модульная единица (автоматизированный доильный зал); $[\text{П}_{\text{тм}} : \text{F}_p \wedge \text{П}_{\text{ж}}]$ – пассивно-активный технологический модуль с преддоильной накопительной площадкой (F_p) и автоматизированным пододвигателем животных $\text{П}_{\text{ж}}$; $\text{A}_{\text{ад}}^a$ – активный автоматизированный машинно-технологический модуль доения, включающий в себя доильный зал с типа «Ёлочка» ($\text{E}_{\text{дач}}$) вместимостью ($2 \times 3 \dots 2 \times 16$) или доильный зал «Параллель» ($\text{П}_{\text{дач}}$) вместимостью ($2 \times 16 \dots 2 \times 48$), или доильный зал «Карусель» ($\text{K}_{\text{дач}}$) вместимостью 24-72 станко-мест, модуль отделения аномального молока в потоке ($\text{M}_{\text{ам}}$), модуль промывки доильной установки ($\text{M}_{\text{ду}}^{\text{пр}}$), информационно-аналитический модуль обработки, накопления и передачи информации о продуктивности и физиологическом состоянии животных ($\text{И}_{\text{ж}}^a$); $\text{A}_{\text{пом}}^a$ – активный автоматизированный машинно-технологический модуль первичной обработки молока, включающий в себя подсистемы фильтрации (f_m), охлаждения и кратковременного хранения ($\text{T}_{\text{охл}}$), соответствующей вместимости 2,0-20,0 т, информационно-аналитический модуль экспресс-оценки качества молока $\text{M}_{\text{км}}$ и модуль промывки танка охладителя молока ($\text{M}_{\text{т}}^{\text{пр}}$); $\text{C}_{\text{вых}}$ – выходные

селекционные ворота, " \wedge ", " \vee " – соответственно логические операторы конъюнкции («и») и исключительной дизъюнкции («или...или»). По аналогии может быть сформулирован роботизированный доильный модуль с доением в монобоксах или объединенных боксах.

Автоматизированная структурно-функциональная модель модульной единицы роботизированного кормления животных включает в себя, как правило, миксер с функциями загрузки компонентов корма, доизмельчения, смешивания и оборудование для последующей дифференцированной раздачи кормовой смеси на кормовой стол. В данной технологии вместе с кормомиксером могут работать автоматизированный или роботизированный пододвигатель корма с функциями дополнительного перемешивания и подсыпки кормовых добавок для улучшения качества и балансирования сухого вещества кормосмеси [5].

Полная автоматизированная модульная единица линии приготовления и раздачи кормов ($ME_{\text{корм}}^a$) будет включать в себя пассивные технологические модули (секционные хранилища кормов различных типов) и активные технологические модули: многофункциональный кормомиксер и роботизированный пододвигатель-улучшатель корма на кормовом столе [34]. Структурно-функциональная формула её может быть представлена следующим образом:

$$ME_{\text{корм}}^a = [\Pi_{\text{тм}}^{\text{ак}} : F^{(1\dots n)}_{\text{корм}} \wedge M^{\text{к}}_{\text{корм}}] \wedge [A^a_{\text{корм}} : (M^{\text{сз}}_{\text{корм}}) \wedge (M^{\text{вз}}_{\text{корм}}) \wedge (M^{\text{исм}}_{\text{корм}}) \wedge (M^{\text{р}}_{\text{корм}})] \wedge [A^{\text{рп}}_{\text{корм}} : (M^{\text{см}}_{\text{подв}}) \wedge (M^{\text{п}}_{\text{кдоб}}) \wedge (M^{\text{к}}_{\text{ст}}) \wedge (M^{\text{н}}_{\text{упр}})] \wedge [\Pi^{\text{кст}}_{\text{тм}} : (F^{(1\dots n)}_{\text{кр}}) \wedge (F^{(2(1\dots n))}_{\text{сан}}) \wedge F^{(2(1\dots n))}_{\text{ксм}}] \wedge M^{\text{о}}_{\text{кст}}],$$

где $[\Pi_{\text{тм}}^{\text{ак}} : F^{(1\dots n)}_{\text{корм}} \wedge M^{\text{к}}_{\text{корм}}]$ – пассивный технологический модуль автоматизированного кормления, включающий в себя секционные накопительные хранилища кормов ($F^{(1\dots n)}_{\text{корм}}$) и информационно-аналитический модуль экспресс-оценки качества компонентов корма $M^{\text{к}}_{\text{корм}}$; $A^a_{\text{корм}}$ – активный автоматизированный машинно-технологический модуль кормомиксер, включающий модули загрузки ($M^{\text{сз}}_{\text{корм}}$), взвешивания ($M^{\text{вз}}_{\text{корм}}$), доизмельчения и смешивания компонентов корма ($M^{\text{исм}}_{\text{корм}}$), информационно-аналитический модуль экспресс-оценки качества рациона кормления ($M^{\text{р}}_{\text{корм}}$) группы животных; $A^{\text{рп}}_{\text{корм}}$ – активный роботизированный машинно-технологический модуль обслуживания кормового стола, включающий модуль пододвигания и смешивания ($M^{\text{см}}_{\text{подв.}}$), модуль подмешивания кормовых добавок ($M^{\text{пк}}_{\text{доб}}$), модуль навигации и автоматического управления ($M^{\text{н}}_{\text{упр}}$), информационно-аналитический модуль оценки качества и количества корма на кормовом

столе ($M_{\text{ст}}^{\text{к}}$); [$P_{\text{тм}}^{\text{кст}} : (F^{(1\dots n)})_{\text{кр}} \wedge (F^{(2(1\dots n))})_{\text{сан}} \wedge (F^{(2(1\dots n))})_{\text{ксм}} \wedge M_{\text{кст}}^{\text{о}}$] – пассивный технологический модуль для проезда кормораздатчика и размещения кормового стола ($P_{\text{тм}}^{\text{кст}}$), включающий площадку для проезда кормораздатчика ($(F^{(1\dots n)})_{\text{кр}}$), санитарные зоны между колёй раздатчика и кормовым столом ($(F^{(2(1\dots n))})_{\text{сан}}$), накопительно-регулирующие площадки для выгрузки кормовой смеси ($(F^{(2(1\dots n))})_{\text{ксм}}$) и модуль ограждения кормового стола ($M_{\text{кст}}^{\text{о}}$).

Руководствуясь принципом построения структурно-функциональных моделей цифровых технологических модулей, мы разработали технологическая концепция роботизированного молочного комплекса на 800 коров нового поколения с повышенными функциональными возможностями и адаптивными функциями по отношению к обслуживаемым биологическим объектам.

Основные технологические решения структурируются в модули по признакам функциональной завершенности выполняемых функций. Они предусматривают создание инновационного биоэнергетического комплекса жизнеобеспечения, способствующего реализации генетического потенциала продуктивности животных за счет рациональной планировки внутреннего пространства и вместимости помещений, что обеспечивает сохранение выработанного стереотипа поведения и создание условий для реализации физиологических процессов пищеварения, молокообразования и воспроизводства у коров.

В составе комплекса три коровника и три помещения облегченного типа для размещения ремонтного молодняка. Дойное стадо содержится технологическими группами по 100 голов в двух коровниках на 400 скотомест каждый, образующими пассивный технологический модуль (рис. 101). Взаимное расположение рядов боксов, продольных и поперечных проходов разделяет пространство секций на зоны отдыха и кормления. В соответствие с биологическим ритмом, чередующим фазы потребления корма его пережевывания и отдыха, коровы будут иметь возможность 10-12 раз на протяжении суток перемещаться из зоны отдыха, оборудованной боксами, в зону кормления.

Активным элементом модуля содержания является система селекционных ворот, организующих движение потоков животных. Коровы в зависимости от интервала между доением могут по команде управляющей программы направляться либо к кормовому столу, либо на преддоильную площадку. Во втором случае попасть в зону кормления они смогут только пройдя через доильный робот. Доильный бокс корова может покинуть в трех направлениях: в зону кормления, в отдельный бокс для больных животных и обратно в предварительный бокс для совершения новой попытки доения. Автоматизация управления движением является ключевым моментом в оптимизации перемещения животных,

позволяющим минимизировать количество подгоняемых животных к роботу.



Рисунок 101 – Технологическая схема комплекса

В каждом секторе на 100 коров предусматривается установка двух доильных роботизированных модулей с системой направления движения животных и зоной выделения коров для ветеринарных обработок и осеменения в комплексе формирующими активный автоматизированный машинно-технологический модуль. Он обеспечивает автоматизированное доение до 70 коров на один бокс. Общий для двух роботов блок обеспечения содержит все компоненты, которые подают моющие средства, средства обработки и дезинфекции, а также воду и сжатый воздух. Он также управляет промывкой системы и контролирует поток молока к фильтру, буферному танку и танку-охладителю.

В компактном молочном отделении, примыкающем к галерее между коровниками, размещается оборудование, необходимое для работы доильной установки и охлаждения молока, а также лаборатория и комната управления. Танки-охладители располагают в отдельном помещении. Там же находятся водонагреватели и контролирующее оборудование. Компрессоры танков-охладителей, а также вакуум-насосы размещаются в соседнем помещении. В этом помещении предусматривается высокопроизводительная принудительная вентиляция. Возможна утилизация тепла, выделяемого компрессорами и вакуум-насосами для нагрева

воды, которая в дальнейшем будет использована для смыва навоза с преддоильной площадки роботов. В молочном отделении также расположена комната управления и специалиста по осеменению коров. Кроме того, здесь размещается узел ввода воды, электрощитовая и котельная местного назначения.

На комплексе предусмотрена полностью автоматизированная система кормления, которая может не только дозировать и смешивать, но и раздавать корма. Интеллектуальная цифровая система управления, интегрирующая локальные модули контроля физиологического состояния, анализа продуктивности, роботизированного доения и кормления, в единый автоматизированный централизованный блок управления задает в программе кормораздатчика частоту раздачи, нормы, положенные тем или иным животным, и набор ингредиентов – остальное система делает сама.

Планировка коровников и соединение их галереями в центральной части обеспечивает техническую возможность одинаково эффективно применять как стационарную систему автоматического кормления, так и использовать мобильные роботы кормораздатчики. Стационарное автоматическое оборудование кормления включает подвесные «кормовагоны», механизмы для обеспечения перемещения над кормовым столом и агрегаты для смешивания кормов и их загрузки в бункер раздатчика. Система кормления с использованием мобильных роботов состоит из места для временного хранения кормов с устройством загрузки и самого робота, выполняющего операции по смешиванию и раздаче корма. Робот передвигается по маршруту и подталкивает корм там, где это необходимо, кормораздатчики могут постоянно осуществлять измерение остатков корма. Функция измерения количества корма, оставшегося на кормовом столе, позволяет роботу-раздатчику определять, когда следует выдать свежий корм, а когда просто его подтолкнуть. В случае, если корма на кормовом столе осталось меньше допустимого значения, кормораздатчик отправится на кухню, где будет приготовлена новая порция кормосмеси.

Автоматизация основных производственных процессов обеспечит возможность интеграции интеллектуальной системы управления животноводческим объектом, включая процессы кормления, доения, контроля физиологического состояния животных, обеспечения микроклимата и управления стадом. Электронная система управления стадом (ЭСУС) позволит свести все данные о состоянии животного в одну компьютерную базу. Система обеспечит контроль всех показателей для анализа производственного процесса и принятия эффективных управленческих решений. В комплексе с системой будут работать станции контроля за перемещением животных, контроллеры работы системы

автоматизированной индивидуальной выдачи концентратов, сортировочные ворота (автоматическая система для сортировки и разведения животных по группам на основе заданных параметров) и системы активности (выявления охоты).

Сухостойные коровы и нетели размещаются в отдельном помещении (цех сухостойных коров с формированием групп в зависимости от срока отела). Принятое в проекте количество дойных коров в группе позволяет оптимизировать производственный цикл в репродуктивном коровнике, предназначенном для содержания сухостойных коров и проведения отёлов. При этом количество секторов для размещения сухостойных коров первого периода и второго периодов, мест в предродовой секции и секции для новотельных животных оптимально соответствует нормативным требованиям к численности поголовья в отдельных группах, обеспечивает рациональную планировку помещения и полностью отвечает физиологическим потребностям к условиям содержания животных, находящихся на различных стадиях репродуктивного периода.

Содержание молодняка предусмотрено с применением ресурсосберегающих технологий. Ремонтный молодняк будет размещён в четырёх помещениях каркасной конструкции. Применение безопорных элементов перекрытия зданий позволяет провести внутреннюю планировку в соответствии с требованиями каждого возрастного периода животных.

Таким образом, реализация концепции технологии производства молока, основанной на интеллектуальных цифровых системах управления производством с применением роботизированных средства выполнения основных производственных операций, базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния, обеспечивает проведение всех элементов производственного цикла по принципу «точно-вовремя». Это окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров (до 4-5 лактаций), обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции.

В перспективе система управления, построенная на вертикальных и горизонтальных принципах обмена информацией, анализе большого количества факторов, позволит оперативно автоматически оптимизировать производственные операции в соответствии с меняющимися технологическими и экономическими требованиями, минимизируя применение мало эффективных или ошибочных управленческих решений, обеспечивая эффективное производство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные информационные технологии, применяемые на молочных фермах, представляют собой системные решения, которые позволяют создать надёжные коммуникационные связи между всеми элементами фермы и обеспечить их согласованную и эффективную работу. Всевозможные датчики в качестве многофункционального инструмента для управления стадом поставляют информацию в рамках проактивного менеджмента здоровья животных, а также для оптимизации режимов и параметров работы оборудования. Современные решения в менеджменте животноводства обеспечивают индивидуальный подход к каждому животному, который позволяет получать высокие результаты, увеличивает период продуктивного использования животного и снижает внутрихозяйственные риски.

В идеале умная ферма – это полностью самодостаточный роботизированный сельскохозяйственный комплекс. Роль человека в нём сводится только к дистанционному контролю и оперативному перепрограммированию техники и оборудования. Ведущими разработчиками рассматриваются различные концепции, позволяющие создать умное сельское хозяйство. Основной из таких концепций является внедрение технологий M2M. Исследования сегодня ведутся по двум направлениям – создание роботизированных комплексов, непосредственно осуществляющих сельскохозяйственную деятельность и создания инфраструктур, обеспечивающей эти комплексы необходимыми данными.

Отечественные технологические разработки в основном базируются на программном обеспечении расчетов по обоснованию рационов кормления коров, селекционной работе, расчёте экономических показателей производства, создании локальных систем управления отдельными технологическими операциями. Этого крайне недостаточно, чтобы соответствовать современному уровню производства. Перспективная Система технологий и машин для животноводства должна предопределить наиболее важные направления использования информационных технологий, сформировать систему технологического мониторинга при производстве молока, стать программой для формирования планов научных исследований и разработок, организации производства и внедрения эффективных информационно-технических средств.

Формируя перспективную программу технологического и технического переоснащения производства продукции животноводства в виде системы технологий и машин, необходимо уделить особое внимание вопросам автоматизации и информатизации, как основному направлению повышения производительности труда, качества продукции и экономической эффективности.

Реализация концепции технологии производства молока, основанной на интеллектуальных цифровых системах управления производством с применением роботизированных средств выполнения основных производственных операций и базирующейся на системном мониторинге показателей продуктивности и физиологического состояния, обеспечит проведение всех элементов производственного цикла по принципу «точно-вовремя», что окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров до 4-5 лактаций, обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции. В перспективе система управления, построенная на вертикальных и горизонтальных принципах обмена информацией и анализе большого количества факторов, позволит оперативно автоматически оптимизировать производственные операции в соответствии с меняющимися технологическими и экономическими требованиями, минимизируя возможность применения малоэффективных или ошибочных управленческих решений, обеспечивая эффективное производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection / R. J. Berry [et al.] // *Can. J. of Animal Science*. – 2003. – Vol. 83. – P. 687-693.
2. Housing system and herd size interactions in Norwegian dairy herds; associations with performance and disease incidence / E. Simensen [et al.] // *Acta Veterinaria Scandinavica*. – 2010. – Vol. 52. – P. 14.
3. Infrared Thermography and Ultrasonography to Indirectly Monitor the Influence of Liner Type and Overmilking on Teat Tissue Recovery / C. O. Paulrud [et al.] // *Acta vet. Scand.* – 2005. – Vol. 46. – P. 137-147.
4. Summary of best guidelines and verification of CFD modeling in livestock buildings to ensure quality forecasting / L. Rong [et al.] // *Computers and electronics in agriculture*. – 2016. – Vol. 121. – P. 180-190.
5. Tanveer, M. H. Analysis of path following and obstacle avoidance for multiple wheeled robots in a shared workspace / M. H. Tanveer, C. T. Recchiuto, A. Sgorbissa // *Robotica*. – 2018. – Vol. 37(1). – P. 1-29.
6. Абибуллаева, А. Т. Применение автоматизированных систем на животноводческих комплексах / А. Т. Абибуллаева, Д. А. Матишев // *Молодежный научный вестник*. – 2018. – № 5(30). – С. 111–114.
7. Автоматизированная система контроля за удоями и состоянием животных на молочных фермах / И. М. Михайленко [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 3. – С. 67-68.
8. Александров, С. Н. Технология производства молока / С. Н. Александров. – Москва : Издательство АСТ; Донецк : Сталкер, 2004. – 238 с.
9. Алёшин-Вдовенко, В. Системы автоматизированного кормления для ферм будущего / В. Алёшин-Вдовенко // *Фермер. Поволжье*. – 2017. – № 6. – С. 76-82.
10. Бенке, И. Производство молока при беспривязном содержании коров / И. Бенке, Дж. Чиффо, Ш. Ковач ; пер. с венг. Ш. Эрдеса. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 144 с.
11. Буклагин, Д. С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством / Д. С. Буклагин // *Сельскохозяйственные науки*. – 2021. – № 2(104). – С. 136-144.
12. Бурда, А. Г. Целесообразность применения электронной системы управления молочным стадом в условиях цифровизации экономики / А. Г. Бурда, С. А. Бурда // *Научный вестник ЮИМ*. – 2018. – № 3. – С. 38-43.
13. Влияние способа содержания коров на их продуктивное долголетие и интенсивность выбытия из стада / М. С. Косырева [и др.] // *Известия Оренбургского ГАУ*. – 2007. – Т. 3, № 15-1. – С. 149–151.

14. Влияние типов ограждающих конструкций животноводческих помещений на формирование микроклимата в различные сезоны года / В. Н. Тимошенко [и др.] // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 30-31 марта 2017 г. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 77-82.

15. Волков, Г. А. Автоматизированная система управления фермой / Г. А. Волков, К. Р. Назарова, В. Т. Изиков // Научный форум: Инновационная наука : сб. ст. по материалам XIV междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2018. – № 5(14). – С. 25-29.

16. Воронцов, И. И. Энергосберегающие технологические механизированные средства сервисного обслуживания фирм и коллективных фермерских хозяйств : монография / И. И. Воронцов, С. И. Воронцов. – СПб : Изд-во СПбГУСЭ, 2012. – 159 с.

17. Вторый, В. Ф. Цифровые технологии в управлении микроклиматом коровника / В. Ф. Вторый, С. В. Вторый, Р. М. Ильин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2018. – № 4(97). – С. 83-92.

18. Гануш, Г. И. Организационно-технологические факторы повышения эффективности производства молока / Г. И. Гануш, М. В. Тимошенко // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе : сб. науч. ст. III Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 29–30 мая 2008 г. – Минск, 2008. – Ч. 2. – С. 14–16.

19. Гигиена животных / В. А. Медведский [и др.]. – Минск : Техноперспектива, 2009. – 620 с.

20. Григорьев, Д. А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами : монография / Д. А. Григорьев, К. В. Король. – Гродно : ГГАУ, 2017. – 215 с.

21. Гриднев, П. И. Развитие автоматизированных систем управления процессами уборки и подготовки навоза к использованию / П. И. Гриднев, Т. Т. Гриднева, Ю. Ю. Спотару // Вестник ВНИИМЖ. – 2014. – № 3. – С. 139-144.

22. Дашков, В. Н. Проблемы формирования системы машин для молочного животноводства Беларуси / В.Н. Дашков, В.О. Китиков // Материалы XIII Междунар. симп. по вопросам машинного сельскохозяйственного животноводства, г. Гомель, 27-29 июня 2006 г. – Гомель, 2006. – С. 17-23.

23. Дзюба, Н. Ф. Производство высококачественной говядины в молочном и мясном скотоводстве / Н. Ф. Дзюба. – Москва – Вороново – Дубровицы : Травант, 2021. – 312 с.

24. Зоогигиена : учебник / И. И. Кочиш [и др.]. – СПб : Лань, 2008. –

464 с.

25. Иванов, Ю. А. Автоматизация процессов как фактор повышения эффективности производства животноводческой продукции / Ю. А. Иванов, Н. Н. Новиков // Сборник научных докладов ВИМ. – 2006. – Т. 1. – С. 104-109.

26. Иванов, Ю. А. Направления научных исследований по созданию инновационной техники с интеллектуальными системами для животноводства / Ю. А. Иванов // Вестник ВНИИМЖ. – 2014. – № 3. – С. 4–17.

27. Иванов, Ю. А. Цифровая молочная ферма на 400 коров / Ю. А. Иванов, В. К. Скоркин, Д. К. Ларкин // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 1. – С. 7-13.

28. Иванова, И. П. Результаты использования современных систем управления стадом в молочном скотоводстве / И. П. Иванова, И. В. Троценко, В. В. Троценко // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 1. – С. 90-96.

29. Иващук, О. А. Подходы к созданию автоматизированной системы управления «умными» фермами / О. А. Иващук, И. С. Константинов, О. П. Архипов // Вестник Орловского ГАУ. – 2012. – № 5. – С. 15-20.

30. Интеллектуальная система управления и обеспечения эффективного производства продукции молочного скотоводства умной фермы / Ю. А. Иванов [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Вып. 20(1). – С. 57-67.

31. Интенсивная технология производства молока / А. Ф. Трофимов [и др.]. – Минск : Ураджай, 1991. – 142 с.

32. Использование роботизированной техники в условиях откормочного комплекса / А. А. Катков [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 – С. 157–160.

33. Казаровец, Н. В. Технологические особенности современного доильного оборудования / Н. В. Казаровец, В. Н. Тимошенко, Д. Ф. Кольга // Материалы XIII Междунар. симп. по вопросам машинного сельскохозяйственных животных, г. Гомель, 27-29 июня 2006 г. – Гомель, 2006. – С. 23-27.

34. Кирсанов, В. В. Структурно-функциональные модели построения цифровых технологических модулей современных молочных ферм / В. В. Кирсанов // Агроинженерия. – 2021. – № 2(102). – С. 32-38

35. Китиков, В. О. Направления совершенствования компьютерной системы управления стадом на молочно-товарной ферме / В. О. Китиков, Е. В. Тернов // Научно-технический прогресс в животноводстве : сб. науч. тр. – Подольск : ВНИИМЖ, 2007. – Т. 17, ч. 4. – С. 86-92.

36. Китиков, В. О. Перспективы развития программного обеспечения для отечественных доильных установок / В. О. Китиков, Е. В. Тернов, Г. М. Ильясевич // Сб. науч. тр. XIII Междунар. симпозиума по

машинному доению коров, г. Гомель, 27-29 июня 2006 г. – Минск, 2006. – С. 108-112.

37. Китиков, В. О. Ресурсоэффективные технологии производства молока / В. О. Китиков ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2011. – 233 с.

38. Ковалевский, И. А. Повышение комфортности содержания коров дойного стада за счёт уточнения норм внесения подстилки / И. А. Ковалевский // Исследования молодых ученых в решении проблем животноводства : материалы II междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и преподавателей с.-х. учеб. заведений и науч.-исслед. Учреждений, г. Витебск, 22 мая 2002 г. – Витебск, 2002. – С. 123-124.

39. Колчина, А. Ф. Перспективы применения инфракрасной термографии в исследовании молочной железы коров / А. Ф. Колчина, А. К. Липчинская // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 11-1. – С. 33-35.

40. Контроль и управление подсистемой «животное» в сложной биотехнической системе «человек-машина-животное» молочной фермы / В. В. Кирсанов [и др.] // Агроинженерия. – 2020. – № 6(100). – С. 4-10.

41. Кормановский, Л. П. Развитие роботизации доения коров / Л. П. Кормановский // Вестник ВНИИМЖ. – 2013. – № 2. – С. 78–81.

42. Кормление и содержание высокопродуктивных коров : научно-практические рекомендации / А. П. Курдеко [и др.] ; Бел. гос. с.-х. акад., Науч.-практ. центр Нац. акад. Наук Беларуси по животноводству. – Горки, 2010. – 92 с.

43. Костомахин, Н. М. Скотоводство : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110401 «Зоотехния» / Н. М. Костомахин. – Изд. 2-е, стер. – СПб : Лань, 2009. – 431 с.

44. Кузьмина Т.Н. Оценка преимуществ роботов для удаления навоза / Т.Н. Кузьмина // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, 18–20 октября 2017 г. – Минск, 2017. – С. 241-244

45. Кушнирская Д. Г. Состояние и тенденции развития молочной промышленности Республики Беларусь / Д. Г. Кушнирская // Актуальные проблемы мировой экономики и менеджмента : материалы междунар. интернет-конф. студентов и магистрантов, Гомель, 21 дек. 2017 г. – Гомель, 2017. – С. 44–45.

46. Лоретц, О. Г. Влияние технологии содержания и кратности доения на продуктивность коров и качество молока / О. Г. Лоретц // Аграрный Вестник Урала. – 2013. – № 8(114). – С. 72-74.

47. Метрик, Л. В. Молочная отрасль: мировые тенденции и перспективы экспорта // Проблемы экономики. – 2011. – № 2(13). – С. 170-181
48. Михайленко, И. М. Автоматизированные системы управления здоровьем животных как стратегическая основа оптимизации воспроизводства в молочном скотоводстве / И. М. Михайленко // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 2. – С. 50-58.
49. Михальский, А. И. Методы компьютерного анализа данных в задачах по мониторингу и совершенствованию управления стадом / А. И. Михальский, Ж. А. Новосельцева // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2019. – № 1. – С. 95-111.
50. Мишууров, Н. П. Инновационное развитие техники для молочного скотоводства / Н. П. Мишууров // Вестник ВНИИМЖ. – 2013. – № 3(11). – С. 27-36.
51. Мишууров, Н. П. Роботизированные системы в сельскохозяйственном производстве : науч. аналит. обзор / Н. М. Мишууров, Н. Ф. Соловьёва, Ю. А. Цой. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 136 с.
52. Мишууров, Н. П. Современные роботы в сельском хозяйстве / Н. П. Мишууров, Н. Ф. Соловьёва, Ю. А. Цой // Техника и оборудование для села. – 2010. – № 5. – С. 46–48.
53. Модернизация, реконструкция и строительство молочных ферм и комплексов: научно-практические рекомендации / А. П. Курдеко [и др.] ; Бел. гос. с.-х. акад., Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Горки, 2011. – 93 с.
54. Молочная продуктивность голштинских коров в условиях роботизированного комплекса / Н. И. Морозова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 2(38). – С. 32–36.
55. Морозов, Н. М. Цифровые автоматизированные технологии в животноводстве – основа модернизации отрасли / Н. М. Морозов // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 2(30). – С. 61-69.
56. Мусин, А. М. Влияние параметров микроклимата на эффективность биотехнической системы животноводства / А. М. Мусин // Вестник ВИЭСХ. – 2013. – № 1(10). – С. 37-40.
57. Новиков, Н. Н. Решение проблем микроклимата, автоматизации процессов и теплоснабжения на животноводческих фермах / Н. Н. Новиков // Вестник ВНИИМЖ. – 2014. – № 2(14). – С. 102-111.
58. О некоторых аспектах комфорта для молочных коров / А. А. Стекольников [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2015. – № 1. – С. 121–123.

59. Овсянкина, Н. М. Использование асу в производстве молока / Н. М. Овсянкина, А. А. Прозоров // Молочнохозяйственный вестник. – 2011. – № 1. – С. 81-86.
60. Онегов, А. П. Мероприятия, обеспечивающие оптимальный микроклимат в помещениях для крупного рогатого скота / А. П. Онегов // Материалы науч.-метод. конф. по животноводству. – Москва, 1968. – С. 15-16.
61. Организационная схема доения, кормления и удаления навоза в период раздоя на молочных фермах промышленного типа / В. Н. Тимошенко [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогиена, содержание. – С. 279-286.
62. Основы этологии животных : учеб. пособие / В. А. Дойлидов [и др.]. – Минск : Экоперспектива, 2008. – 164 с.
63. Оценка освещённости в коровниках для фермы на 1200 дойных коров / В.В. Гордеев [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – Вып. 92. – С. 152-157.
64. Пастернак, А. М. Термографічна діагностика маститів і її контроль на мікроструктурному рівні / А. М. Пастернак, П. М. Скляр, О. Є. Жигалова // Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького. – 2017. – Т. 19, № 82. – С. 159-165.
65. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям / Е. А. Скворцов [и др.] // Экономика региона. – 2018. – Т. 14, вып. 3. – С. 1014-1028.
66. Плященко, С. И. Естественная резистентность организма животных / С. И. Плященко, В. Т. Сидоров. – Москва : Колос, 1979. – 182 с.
67. Полноценные кормовые смеси для коров высокой и рекордной продуктивности / Л. В. Романенко [и др.] // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 1. – С.90-95.
68. Попков, Н. А. Промышленная технология производства молока / Н. А. Попков, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2018. – 228 с.
69. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы при различных способах содержания и технологиях доения / Е. А. Тяпугин [и др.] // Владимирский земледелец. – 2016. – № 4. – С. 45-46.
70. Рекомендации по модернизации и техническому перевооружению молочных ферм / Е. Е. Хазанов [и др.]. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 128 с.
71. Реконструкция животноводческих помещений: Науч.-попул. изд. / В. Г. Самосюк [и др.]. – Молодечно : Изд-во Лаврова, 2001. – 70 с.

72. Серянкин, А. В. Правильное кормление – залог высокого качества молока / А. В. Серянкин, Ю. В. Фуников // Животноводство России. – 2010. – № 2. – С. 43-44.
73. Система ведения молочного скотоводства Республики Беларусь / Н. А. Попков [и др.]. – Брест, 2002. – 208 с.
74. Система организации технического обслуживания электрооборудования машин и технологических комплексов в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь : пособие по организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования машин и технологических комплексов в сельскохозяйственном производстве для специалистов сельхозпредприятий и учащихся вузов / В. Г. Самосюк [и др.]. – Минск, 2012. – 637 с.
75. Скоркин, В. К. Модернизация технологических процессов молочного скотоводства / В. К. Скоркин, А. М. Гаджиев // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 1(41). – С. 12-15.
76. Скоркин, В. К. Резервы повышения производительности труда за счет автоматизации подготовительнозаключительных операций при доении коров / В. К. Скоркин // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – № 3(19). – С. 62-68.
77. Скоркин, В. К. Современные требования производства конкурентоспособной молочной продукции / В. К. Скоркин // Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. Сер. Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. – 2017. – № 4(28). – С. 4-10.
78. Спешилова, И. В. Развитие отрасли молочного скотоводства в инновационных условиях цифровизации экономики РФ / И. В. Спешилова // Научное обозрение: теория и практика. – 2019. – Т. 9, № 7(63). – С. 961-969.
79. Степура, В. Д. Теория и практика оптимизации технологий производства молока и говядины в условиях Западной Сибири : диссертация ... доктора сельскохозяйственных наук : 06.02.04 / Новосибирский аграрный ун-т. – Новосибирск, 1992. – 287 с.
80. Структурно-технологическое моделирование процессов и функциональных систем в молочном скотоводстве / М. Н. Ерохин [и др.] // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. – 2007. – Т. 17, № 1. – С. 19-31.
81. Техническое обеспечение производства молока. Современное оборудование для доения : практ. пособие / Ю. Т. Вагин [и др.]. – Минск : Эволайн, 2012. – 208 с.
82. Технологические рекомендации по организации производства молока на новых и реконструируемых молочнотоварных фермах / Н. А. Попков [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практический центр

- Нац. акад. наук Беларуси по животноводству». – Жодино, 2018. – 138 с.
83. Тимошенко, В. Н. Интенсификация производства молока / В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка, И. А. Ковалевский // Гигиена содержания и кормления животных – основы сохранения их здоровья и получения экологически чистой продукции : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию Орловского ГАУ, г. Орел, 21-23 сент. 2000 г. – Орёл, 2000. – С. 158-159.
84. Тимошенко, В. Что нужно знать о доильных роботах? / В. Тимошенко, А. Музыка // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 84-88.
85. Тихомиров, И. А. Перспективные технологии производства органической продукции молочного скотоводства на фермах модульного типа / И. А. Тихомиров // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 3(31). – С. 96-104.
86. Тихомиров, И. А. Соблюдение технологии машинного доения – залог повышения качества молока и продуктивного долголетия коров / И. А. Тихомиров, В. К. Скоркин, Т. А. Рахманова // Вестник ВНИИМЖ. – 2017. – № 4. – С. 53.
87. Тихомиров, И. А. Технологические особенности использования доильных роботов в молочном скотоводстве / И. А. Тихомиров, В. К. Скоркин // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – №1(37). – С. 32-37.
88. Трофимов, А. Ф. ЗЦМ выгоден всем / А. Ф. Трофимов, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка // Бел. сельское хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 92-95.
89. Трофимов, А. Ф. Производство молока на малых фермах / А. Ф. Трофимов, Н. Н. Бакова. – Минск, 1991. – 49 с. – (Аналит. обзор / Белфилиал ВНИИТЭИагропром)
90. Федоренко, В. Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве / В. Ф. Федоренко. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 224 с.
91. Фененко, А. И. Типоразмерный ряд промышленных ферм по производству молока / А. И. Фененко // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве : материалы 13-го Междунар. симп. по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных, г. Гомель, 27-29 июня 2006 г. – Гомель, 2006. – С. 97-102.
92. Ферма будущего. Технологические решения для сельского хозяйства / Symmetron. – 16 с. – Режим доступа: <https://www.symmetron.ru/articles/farm-of-the-future.pdf>
93. Цой, Ю. А. Контуры управления в автоматизации функционирования умной фермы / Ю. А. Цой, Г. К. Толоконников // Вестник

ВНИИМЖ. – 2017. – № 4. – С. 37-42.

94. Цой, Ю. А. Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы / Ю. А. Цой, Р. А. Баишева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20, № 2. – С. 192-199.

95. Цой, Ю. А. Функционально-стоимостной анализ роботизированных систем и выбор альтернативных вариантов добровольного доения коров / Ю. А. Цой, В. В. Кирсанов // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 8. – С. 33.

96. Чебуркина, Е. М. Зоологические условия содержания животных / Е. М. Чебуркина // Сельское хозяйство за рубежом. Сер. Животноводство. – 1967. – № 2. – С. 18-19.

97. Черноиванов, В. И. Биомашсистемы, функциональные системы, категорная теория систем / В. И. Черноиванов, С. К. Судаков, Г. К. Толоконников. – Москва, 2018. – 446 с.

98. Шейко И.П. Перспективы развития молочного скотоводства в Республике Беларусь / И. П. Шейко // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве : материалы 13-го Междунар. симп. по вопросам машинного доения с.-х. животных, г. Гомель, 27-29 июня 2006 г. – Гомель, 2006. – С. 13-17.

99. Шляйтцнер, Г. Кому бокс, а кому и Карусель / Г. Шляйтцнер // Новое сельское хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 46-50.

Научное издание

**Казакевич Пётр Петрович, Тимошенко Владимир Николаевич,
Музыка Андрей Анатольевич**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ «УМНОЙ» МОЛОЧНОЙ
ФЕРМЫ**

монография

Ответственный за выпуск, ведущий редактор М.В. Джумкова
Набор, вёрстка А.А. Музыка

Подписано в печать _____ 21 г. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Усл.-печ. л. 14,24. Уч.-изд. л. 12,81.
Тираж 100 экз. Заказ №

Издатель – Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/409 от 14 августа 2014 г.
222160, Минская обл., г. Жодино, ул. Фрунзе, 11.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/41 от 29 января 2014 г.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

ISBN 978-985-6895-30-5



9 789856 895305